

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ

для практических занятий, лабораторных работ
и самостоятельной работы по дисциплине

***«РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПРОВОДНО-
КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА»***

*(для студентов дневной и заочной форм обучения
образовательных уровней «специалист», «магистр»
специальности 192 – Строительство и гражданская инженерия
специализации (образовательной программы)
«Рациональное использование и охрана водных ресурсов»)*

Харьков – ХНУХГ им. А. Н. Бекетова – 2016

Методические указания и задания для практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы по дисциплине «Ресурсосберегающие технологии водопроводно-канализационного хозяйства» (для студентов дневной и заочной форм обучения образовательных уровней «специалист», «магистр» специальности 192 – Строительство и гражданская инженерия специализации (образовательной программы) «Рациональное использование и охрана водных ресурсов») / Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова ; сост. : С. С. Душкин, Е. П. Галкина. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016. – 72 с.

Составители: канд. техн. наук, ст. преп. **С. С. Душкин**
 асс. **Е. П. Галкина**

Рецензент **В. А. Ткачев**, кандидат технических наук, доцент
Харьковского национального университета городского хозяйства
имени А. Н. Бекетова

*Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод,
протокол № 1 от 27.08.2015 г.*

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ТЕМА 1 Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды. Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности и мероприятия, улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения.....	7
1.1 Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды.....	7
1.2 Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности.....	7
1.3 Мероприятия, улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения.....	9
Задачи для решения.....	11
Лабораторная работа №1 «Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды. Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности».....	14
Контрольные вопросы.....	27
ТЕМА 2 Классификация ресурсосберегающих технологий, характеристика реагентных методов. Пути ресурсосбережения в системах водоснабжения. Характеристика реагентных методов ресурсосберегающих технологий, анализ их. Активированные растворы реагентов, область их применения....	28
2.1 Реагентное хозяйство.....	28
2.2 Применение активированных растворов реагентов.....	28
Задачи для решения.....	31
Контрольные вопросы.....	32
ТЕМА 3 Технологические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения, классификация и характеристика их. Выбор ресурсосберегающих технологий для процессов очистки питьевой воды.....	33
3.1 Расчет перфорированного распределителя.....	33
3.2 Применение тонкослойных элементов в отстойниках и осветлителях....	35
3.3 Фильтры с плавающей пенополистирольной загрузкой. Дренажи скорых фильтров с пористого полимербетона.....	38
Задачи для решения.....	40
Контрольные вопросы.....	41

ТЕМА 4 Физические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения. Классификация физических методов ресурсосберегающих технологий, область применения их. Конструктивные особенности оборудования, физических методов ресурсосберегающих технологий.....	41
4.1 Расчет пластинчатого электролизера с алюминиевыми электродами.....	41
Тестовый контроль №1.....	43
Контрольные вопросы.....	45
ТЕМА 5 Улучшение гидравлических и конструктивных условий процесса коагуляции. Характеристика гидравлических методов ресурсосберегающих технологий. Дренажно-распределительная система скорых фильтров. Конструктивные особенности. Технологические особенности, применяемые для повышения эффективности конструктивных условий процесса очистки природных и сточных вод.....	45
Тестовый контроль №2.....	45
Контрольные вопросы.....	48
ТЕМА 6 Потери воды в системах водоснабжения, определение их. Классификация потерь воды из городских водопроводных сетей, характеристика их. Мероприятия по борьбе с потерями и несанкционированным отбором воды из городской водопроводной сети. Гидравлические испытания водопроводной сети. Определение технологических потерь из водопроводной сети.....	48
Лабораторная работа №2 «Потери воды в системах водоснабжения, определение их».....	48
Контрольные вопросы.....	54
ТЕМА 7 Пути ресурсосбережения в системах водоотведения.....	55
7.1 Интенсификация работы сооружений механической очистки.....	55
7.2 Интенсификация работы аэротенков.....	55
7.3 Интенсификация работы биофильтров.....	56
7.4 Интенсификация процессов обработки осадков.....	56
Контрольные вопросы.....	56
ТЕМА 8 Организация ресурсосберегающих методов использования воды на промышленных предприятиях. Санитарно-гигиенические требования к воде, используемой на производственные нужды. Обратные и бессточные	

системы водоснабжения. Реагентные и безреагентные методы интенсификации процессов очистки воды. Надежность работы промышленного водоснабжения.....	56
Контрольные вопросы.....	58
ТЕМА 9 Ретехнологизация сооружений очистки природных и сточных вод.	
Этапы работы по ретехнологизации очистных сооружений.	
Неудовлетворительная работа технологических схем очистки сточных вод.	
Основные элементы ретехнологизации, их влияние на процесс очистки сточных вод	59
ТЕМА 10 Ретехнологизация очистки сточных вод при удалении фосфора и биогенных элементов. Анализ технологических схем дефосфотизации сточных вод. Использование активированных растворов реагентов при дефосфотизации сточных вод.....	
	59
ТЕМА 11 Техничко-экономическая оценка внедрения ресурсосберегающих технологий в водопроводно-канализационном хозяйстве.....	
	61
Рекомендуемая литература.....	71
Ответы на тестовые задания.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость совершенствования технологии производства, дефицит водных ресурсов, повышение требований к степени очистки сточных вод поставили предприятия перед необходимостью решения задач по созданию оборотных циклов водоснабжения, регенерации ценных компонентов, прекращения отрицательного воздействия на окружающую среду. Внедрение технологических схем бессточных и безотходных производств требует осуществления определенных принципов построения водного хозяйства, оптимальной увязки экологических и экономических показателей.

Главными принципами построения экологически чистого ресурсосберегающего производства являются следующие:

- осуществление производственного процесса при минимально возможном числе технологических операций и их сведение, так как не в каждой из них образуются отходы и теряется сырьё;
- переход на непрерывные процессы и их интенсификация;
- предотвращение смешивания различных веществ и обеспечение как можно более быстрого их отделения в виде отходов, поскольку в этом случае обеспечиваются условия для их дальнейшей переработки и выделения в виде товарной продукции. Эти общие принципы распространяются и на производства защитных покрытий (гальваника и покраска – ПЗП), а так же печатных плат (ППП). Особенно важен для данных производств последний принцип, который требует пересмотра формирования потоков сточных вод и их классификацию, необходимость разделения обработки промывных вод и отработанных концентрированных растворов и электролитов.

В условиях постоянного ужесточения требований водоохраных органов к качеству очистки стоков перед сбросом, и одновременного сокращения лимитов чистой воды на промышленные нужды, требуется новые подходы к традиционным методам очистки.

ТЕМА 1 Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды. Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности и мероприятия, улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения

1.1 Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды

Согласно статье 18 Закона Украины «Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения» от 24 февраля 1994 г., органы исполнительной власти, местного и регионального самоуправления обязаны обеспечить жителей городов и других населенных пунктов питьевой водой, количество и качество которой должны соответствовать требованиям санитарных норм и государственного стандарта.

В соответствии с требованиями, сформулированными гигиенистами Украины и России, питьевая вода, непосредственно используемая населением, должна быть доброкачественной, то есть иметь благоприятные органолептические свойства, безвредной по химическому составу и содержанию радионуклидов, безопасной в эпидемическом отношении и физиологически полноценной.

На основании статьи 28 Закона Украины «О питьевой воде и питьевом водоснабжении» от 10 января 2002 г., нормирование показателей качества питьевой воды проводится путем установления этих показателей в государственных стандартах на питьевую воду и санитарном законодательстве.

В настоящее время в Украине качество воды централизованного питьевого водоснабжения регламентируется ГОСТом 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством». Одновременно Приказом Министерства охраны здоровья Украины от 12.05.2010 г. №400 утверждены Государственные санитарные нормы и правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДсанПіН 2.2.4-171-10)

Показатели качества питьевой воды, предусмотренные выше указанными нормативами, имеют некоторые отличительные черты.

1.2 Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности

Важный критерий оценки действия вредного вещества устанавливается законодательно. *Это предельно допустимая концентрация (ПДК)* – «максимальное количество вредного вещества в единице объёма или веса, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченно продолжительного времени не вызывает в организме каких-либо

патологических отклонений, а также неблагоприятных наследственных изменений у потомства. Для установления ПДК используют расчётные методы, результаты биологических экспериментов, а также материалы динамических наблюдений за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию вредных веществ».

Главенствующим подходом в нормировании качества вод является *санитарно-гигиенический*. Под санитарно-гигиеническими показателями качества воды понимаются характеристики ее состава и свойств, определяющие пригодность воды для использования человеком или в качестве среды для обитания некоторых видов фауны (в первую очередь, промысловых рыб). В целях контроля за качеством воды были разработаны и приняты основополагающие документы, которые устанавливают порядок обоснования нормативов, санитарные требования и значения ПДК для воды с учетом рекомендаций ВОЗ.

В соответствии с Санитарными правилами и нормами (СанПиН) питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства. В ходе обоснования ПДК для каждого вещества предварительно определяется класс опасности, который характеризует следующие свойства:

- способность к накоплению в организме и кумуляции эффекта вредного действия;
- вероятность вызывать отдаленные последствия (т.е. степень опасности хронического отравления);
- скорость резорбции вещества тканями живого организма (более опасны гидрофильные и липофильные химические соединения, легко проникающие к чувствительным центрам биореципиентов).

Вещества делятся на следующие классы опасности:

- 1 класс – чрезвычайно опасные вещества, для которых проводится полная схема тестирования (острый, подострый, хронический и пожизненный опыты на разных группах животных);
- 2 класс – высоко опасные вещества, изучаемые по развернутой схеме;
- 3 класс – опасные соединения, для которых не ставится хронический эксперимент;

- 4 класс – умеренно опасные вещества, нормируемые по экспрессной схеме.

При обосновании ПДК одновременно устанавливается и ЛПВ – лимитирующий (или минимальный из всех перечисленных значений) показатель вредности по наиболее чувствительному звену. ЛПВ имеет значение при оценке комбинированного действия смеси веществ. Например, при обнаружении в питьевой воде нескольких химических соединений, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по одному и тому же признаку вредности, необходимо определить сумму отношений фактических концентраций C каждого из них к величине его ПДК. В результате эта сумма не должна превышать по общепринятой методике:

$$\sum \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (1.1)$$

1.3 Мероприятия, улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения

Одним из основных мероприятий по улучшению состояния источников водоснабжения являются мероприятия по созданию и эксплуатации зон санитарной охраны (ЗСО).

Следующим фактором влияющим на состояния водных источников является правильный расчет сброса сточных вод в водоем – необходимо вычислить концентрацию наиболее вредного компонента после разбавления водой реки сточной воды предприятия в месте водопользования и проследить изменение этой концентрации по фарватеру реки. А также определить предельно допустимый сток (ПДС) по заданному компоненту в стоке.

Характеристика реки: скорость течения – V , средняя глубина на участке – H , расстояние до места водопользования – L , расход воды водотока в месте водозабора – Q , шаг, с которым необходимо проследить изменение концентрации токсичного компонента по фарватеру реки – LS . Характеристика стока: вредный компонент, расход воды предприятием (объем сточной воды) – q , концентрация вредного компонента – C , предельно допустимая концентрация – ПДК.

Методика расчета

Многие факторы: состояние реки, берегов и сточных вод влияют на быстроту перемещения водных масс и определяют расстояние от места выпуска сточных вод (СВ) до пункта полного смешивания. Выпуск в водоемы сточных

вод должен, как правило, осуществляться таким образом, чтобы была обеспечена возможность полного смешивания сточных вод с водой водоема в месте их спуска (специальные выпуски, режимы, конструкции). Однако приходится считаться с тем фактом, что на некотором расстоянии ниже спуска СВ смешивание будет неполным. В связи с этим реальную кратность разбавления в общем случае следует определять по формуле:

$$K = \frac{\gamma Q + q}{q} \quad (1.2)$$

где γ – коэффициент, степень разбавления сточных вод в водоеме.

Условия спуска сточных вод в водоем принято оценивать с учетом их влияния у ближайшего пункта водопользования, где следует определять кратность разбавления. Расчет ведется по формулам:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + (Q/q)\beta}; \quad \beta = \text{EXP}(-\alpha \cdot \sqrt[3]{L}) \quad (1.3)$$

где α – коэффициент, учитывающий гидрологические факторы смешивания. L – расстояние до места водозабора.

$$\alpha = \varepsilon \left(\frac{L_{\phi}}{L_{\text{пр}}} \right) \sqrt[3]{D/q} \quad (1.4)$$

где ε – коэффициент, зависящий от места стока воды в реку: при выпуске у берега $\varepsilon=1$, при выпуске в стержень реки (место наибольших скоростей) $\varepsilon=1,5$; $L_{\phi}/L_{\text{пр}}$ – коэффициент извилистости реки, равный отношению расстояния по фарватеру полной длины русла от выпуска СВ до места ближайшего водозабора к расстоянию между этими двумя пунктами по прямой; D – коэффициент турбулентной диффузии,

$$D = \frac{VHg}{2mc} \quad (1.5)$$

где V – средняя скорость течения, м/с; H – средняя глубина, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; m – коэффициент Буссинского, равный 24; c – коэффициент Шези, который выбирают по таблицам. Однако в данной задаче предполагается, что исследуемые реки являются равнинными, поэтому справедливо приближение

$$D = \frac{VH}{200} \quad (1.6)$$

Реальная концентрация вредного компонента в водоеме в месте ближайшего водозабора вычисляется по формуле:

$$C_B = C / K \quad (1.7)$$

Эта величина не должна превышать ПДК (предельно допустимая концентрация).

Необходимо также определить, какое количество загрязняющих веществ может быть сброшено предприятием, чтобы не превышать нормативы. Расчеты проводятся только для консервативных веществ, концентрация которых в воде изменяется только путем разбавления, по санитарно-токсикологическому показателю вредности. Расчет ведется по формуле:

$$C_{\text{ст.пред.}} = K \times \text{ПДК} \quad (1.8)$$

где $C_{\text{ст.пред.}}$ – максимальная (предельная) концентрация, которая может быть допущена в СВ или тот уровень очистки СВ, при котором после их смешивания с водой у первого (расчетного) пункта водопользования степень загрязнения не превышает ПДК.

Предельно допустимый сток рассчитывается по формуле:

$$\text{ПДС} = C_{\text{ст.пред.}} \cdot q / C \quad (1.9)$$

Задачи для решения

Задача 1. Составьте таблицу сравнительных характеристик *отличных* показателей эпидемиологической безопасности питьевой воды нормируемых в Украине согласно ГОСТ и СанПиН.

Задача 2. Составьте таблицу сравнительных характеристик *отличных* показателей санитарно-химической безопасности питьевой воды нормируемых в Украине согласно ГОСТ и СанПиН.

Задача 3. Составьте таблицу сравнительных характеристик *отличных* показателей радиационной безопасности питьевой воды нормируемых в Украине согласно ГОСТ и СанПиН.

Задача 4. Составьте таблицу сравнительных характеристик *отличных* показателей физиологической полноценности минерального состава питьевой воды нормируемых в Украине согласно ГОСТ и СанПиН.

Задача 5. При анализе пробы воды, взятой из водоносного горизонта, получены следующие результаты: запах 2 балла, мутность $2,2 \text{ мг/дм}^3$, цветность 5 град., pH 7,2, жесткость общая $4,4 \text{ мг-экв/дм}^3$, содержание кальция $30,8 \text{ мг/дм}^3$, меди $15,8 \text{ мг/дм}^3$; железо общее $0,25 \text{ мг/дм}^3$, хлор 7 мг/дм^3 , сульфаты 20 мг/дм^3 , сухой остаток 100 мг/дм^3 . Можно ли использовать эту воду для

водоснабжения, и достаточен ли объем выполненного анализа для такой оценки?

Задача 6. Определить, пригодна ли вода для питьевых целей, если она удовлетворяет требованиям СанПиНа по органолептическим и бактериологическим показателям, а в веществах, нормированных по санитарно-токсикологическим показателям вредности, обнаружены ионы свинца $[Pb^{2+}]$ 0,009 мг/дм³, стронция $[Sr^{2+}]$ 0,8 мг/дм³, молибдена $[Mo^{2+}]$ 0,015 мг/дм³?

Задача 7. Дать развернутое гигиеническое заключение о качестве воды и пригодности её для питья и приготовления пищи:

Прозрачность по шрифту Снеллена – свыше 30 см, цвет– бесцветная, запах – без запаха, вкус – соленый, осадок– не обнаружен;

рН – 7,3, окисляемость –14 мг/дм³ O₂, аммиак – положительно, нитриты – положительно, нитраты – 186 мг/дм³, хлориды – 586 мг/дм³, сульфаты – 348 мг/дм³, железо – 170 мг/дм³, жесткость общая – 6,5 мг-экв/дм³, жесткость устранимая – 2,9 мг-экв/дм³, жесткость постоянная – 3,6 мг-экв/дм³;

Коли-титр – 86,0, микробное число (счет колоний) – 615.

*Определить кратность разбавления сточных вод
при сбросе их в водные объекты*

Задача 8. Машиностроительный завод сбрасывает в реку сточные воды с расходом $q = 2$ м³/с. Расход воды в реке $Q = 120$ м³/с. Выпуск сточных вод сосредоточенный, береговой. На расстоянии 500 м от выпуска сточных вод коэффициент $g = 0,3$. На расстоянии 3000 м $g = 1,0$.

Задача 9. Моторостроительный завод сбрасывает в реку сточные воды с расходом $q = 1$ м³/с. Расход воды в реке $Q = 10$ м³/с. Выпуск сточных вод рассеивающий в фарватере реки. На расстоянии 100 м от места выпуска сточных вод коэффициент $g = 0,8$. На расстоянии 500 м $g = 1,0$.

Задача 10. Авторемонтный завод сбрасывает сточные воды с расходом $q = 1$ м³/с. Расход воды в реке $Q = 10$ м³/с. Выпуск сточных вод рассеивающий в фарватере реки. На расстоянии 100 м от места выпуска сточных вод коэффициент $g = 0,8$. На расстоянии 500 м $g = 1,0$.

Задача 11. Машиностроительный завод сбрасывает сточные воды с расходом $q = 3$ м³/с в реку. Расход воды в реке $Q = 0,2$ м³/с. Выпуск сточных вод рассеивающий. На расстоянии 100 м от места выпуска коэффициент $g = 1,0$.

Задача 12. Автопредприятие сбрасывает сточные воды от мойки автомобилей в реку с расходом $q = 0,1$ м³/с. Выпуск сточных вод береговой,

сосредоточенный. Расход воды в реке $Q = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$. На расстоянии 300 м от выпуска сточных вод коэффициент $g = 1,0$.

Определение возможности сброса сточных вод в водные объекты

Задача 13. Машиностроительный завод сбрасывает в реку сточные воды с расходом $q = 2 \text{ м}^3/\text{с}$. Расход воды в реке $Q = 120 \text{ м}^3/\text{с}$, $g = 0,3$. В сточных водах содержится нефтепродукты ($C_{\text{стнефти}} = 0,8 \text{ мг/дм}^3$). В воде реки в створе выше сброса сточных вод $C_{0\text{нефти}} = 0,05 \text{ мг/дм}^3$.

Задача 14. Моторостроительный завод сбрасывает в реку сточные воды с расходом $q = 1 \text{ м}^3/\text{с}$. Расход воды в реке $Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$, $g = 0,8$. В сточных водах содержится нефтепродукты ($C_{\text{стнефти}} = 1,0 \text{ мг/дм}^3$) медь ($C_{\text{стнефти}} = 0,01 \text{ мг/дм}^3$), цинк ($C_{\text{стнефти}} = 0,9 \text{ мг/дм}^3$). В воде реки в створе выше сброса сточных вод $C_{0\text{нефти}} = 0,01 \text{ мг/дм}^3$, $C_{0\text{меди}} = 0$, $C_{0\text{цинка}} = 0$.

Задача 15. Авторемонтный завод сбрасывает сточные воды с расходом $q = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ в реку. Расход воды в реке $Q = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$, $g = 0,6$. В сточных водах содержатся нефтепродукты ($C_{\text{стнефти}} = 3,0 \text{ мг/дм}^3$). В воде реки в створе сброса сточных вод $C_{0\text{нефти}} = 0,3 \text{ мг/дм}^3$.

Задача 16. Машиностроительный завод сбрасывает сточные воды с расходом $q = 3 \text{ м}^3/\text{с}$ в реку. Расход воды в реке $Q = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$, $g = 1,0$. В сточных водах содержится нефтепродукты ($C_{\text{стнефти}} = 1,0 \text{ мг/дм}^3$), хром шестивалентный ($C_{\text{стхром}}^{6+} = 0,3 \text{ мг/дм}^3$), медь ($C_{\text{стмеди}} = 0,2 \text{ мг/дм}^3$). В воде реки в створе выше сброса сточных вод $C_{0\text{нефти}} = 0,01 \text{ мг/дм}^3$, $C_{0\text{меди}} = 0$, $C_{\text{стхром}}^{6+} = 0$.

Задача 17. Автопредприятие сбрасывают сточные воды от мойки автомобилей с расходом $q = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ в реку. Расход воды в реке $Q = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$, $g = 1,0$. В сточных водах содержится нефтепродукты ($C_{\text{стнефти}} = 3,0 \text{ мг/дм}^3$), взвешенные вещества ($C_{\text{ст.взвеш}} = 5,0 \text{ мг/дм}^3$). В воде реки в створе сброса сточных вод $C_{0\text{нефти}} = 0,01 \text{ мг/л}$, $C_{0\text{взвеш.в-в}} = 10 \text{ мг/л}$.

Задача 18. Машиностроительный завод сбрасывает в реку сточные воды с расходом $q = 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Расход воды в реке $Q = 15 \text{ м}^3/\text{с}$, $g = 0,3$. В сточных водах содержатся нефтепродукты, медь, свинец, хром шестивалентный, цинк, взвешенные вещества. Содержание загрязняющих веществ в реке выше сброса сточных вод $C_{0\text{нефти}} = 0,01 \text{ мг/дм}^3$, $C_{0\text{меди}} = 0,1 \text{ мг/дм}^3$, $C_{0\text{свинца}} = 0,01 \text{ мг/дм}^3$, $C_{0\text{хрома}}^{6+} = 0,01 \text{ мг/дм}^3$, $C_{0\text{цинка}} = 0$, $C_{0\text{взвеш.в-в}} = 0,8 \text{ мг/дм}^3$.

Задача 19. Литейное производство машиностроительного завода сбрасывает сточные воды в реку $Q = 5 \text{ м}^3/\text{с}$, $g = 0,8$. В сточных водах содержатся нефтепродукты, железо, медь, свинец, цинк, взвешенные вещества. Содержание

загрязняющих веществ в реке в створе выше сброса сточных вод $C_{\text{нефти}} = 0,1$ мг/дм³, $C_{\text{железо}} = 0,01$ мг/дм³, $C_{\text{меди}} = 0,01$ мг/дм³, $C_{\text{свинца}} = 0$, $C_{\text{цинка}} = 0,5$ мг/дм³, $C_{\text{взвеш.в-в}} = 1,5$ мг/дм³.

Задача 20. Станция техобслуживания сбрасывает сточные воды в ручей. Расход сточных вод $q = 0,1$ м³/с. Расход воды ручья $Q = 1$ м³/с. В сточных водах содержатся нефтепродукты, взвешенные вещества. В воде ручья содержание загрязняющих $C_{\text{нефти}} = 0$, $C_{\text{взвеш.в-в}} = 0,5$ мг/дм³.

Лабораторная работа №1 «Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды. Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности»

Целью лабораторной работы является изучение студентами требований предъявляемым к источникам водоснабжения, ознакомится с нормативными документами, регламентирующими качество подаваемой воды, научиться оценивать качество воды с точки зрения экологической безопасности.

Перед студентами ставятся следующие задачи:

- Изучить основные гигиенические требования к питьевой воде предъявляемые СанПиНом Украины.
- Сравнить основные требования, к качеству воды рекомендуемые ВОЗ с регламентированными на территории Украины, ЕС и США.
- Изучить физических показателей качества воды.
- Исследовать химический состав воды.
- Изучить основные бактериологические показатели загрязнения воды.
- Оценить качество воды с точки зрения экологической безопасности.
- Решение задач.

1.1 Сравнение основных требований к качеству воды, рекомендуемых ВОЗ, с регламентированными на территории Украины, ЕС и США

Краткая информация:

Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ). Всемирная Организация Здравоохранения (World Health Organization) – это специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, основная функция которого состоит в решении международных проблем здравоохранения и охраны здоровья населения. «Руководство по контролю качества питьевой воды», выпущенное этой организацией в 1984 году

(пересмотренное и дополненное в 1992 году) является основным стандартом, на основании которого разрабатываются нормативы других государств. Рекомендации ВОЗ явились результатом многолетних фундаментальных исследований и основаны на понятии *Переносимого Суточного Потребления (ПСП)*.

ПСП – это количество вещества в пище или воде в пересчете на массу тела (мг/кг или мкг/кг), которое может потребляться ежедневно на протяжении всей жизни без заметного риска для здоровья.

Агентство по охране окружающей среды США (U.S.EPA). Агентство по охране окружающей среды США (U.S. Environment Protection Agency) – правительственное учреждение США, в задачу которого входит защита здоровья населения и охрана окружающей среды. Этим агентством был разработан федеральный стандарт качества питьевой воды США. Данный стандарт включает в себя два раздела: *National Primary Drinking Water Regulations* – это обязательный для соблюдения стандарт, объединяющий на сегодняшний день 79 параметров (органические и неорганические примеси, радионуклиды, микроорганизмы), потенциально опасных для здоровья человека; *National Secondary Drinking Water Regulations* – стандарт, носящий рекомендательный характер и включающий перечень из 15 параметров, превышение нормативов по которым может ухудшить потребительские качества воды. Интересной особенностью американского стандарта является то, что в нем с 1986 года по каждому параметру установлены два норматива Maximum Contaminant Level Goal (MCLG) и Maximum Contaminant Level (MCL). Первый из них – MCLG – представляет собой тот максимальный уровень, при котором данное вещество гарантированно не оказывает вредного влияния на организм человека. Строгое соблюдение этого уровня не является обязательным. Это как бы цель, к которой следует стремиться. MCL – это обязательная для соблюдения величина, представляющая собой предельно допустимый уровень по каждому параметру качества воды.

Директива Европейского Сообщества (European Community, EC), касающаяся «качества воды, предназначенной для потребления населением» (80/778/EC) была принята Европейским Советом 15 июля 1980 года. Более известный под названием «Директива по Питьевой Воде» (Drinking Water Directive), данный документ лег в основу водного законодательства стран Евросоюза. В Директиве нормируются 66 параметров качества питьевой воды,

разбитые на несколько групп (органолептические показатели; физико-химические параметры; вещества, присутствие которых в воде в больших количествах нежелательно; токсичные вещества, микробиологические показатели и параметры умягченной воды, предназначенной для потребления). ЕС устанавливает для большинства параметров два уровня предельно допустимой концентрации:

- Уровень G – это долговременная цель, которую странам ЕС желательно достигнуть в перспективе.
- Уровень I – это обязательный для выполнения всеми странами порядок величин, определяющих качество воды.

В Директиве эти нормы закреплены в виде величин МАС (Maximum Admissible Concentration) для каждого параметра. Законодательство стран ЕС должно устанавливать нормы качества воды не хуже, чем величина МАС.

1.2 Изучение физических показателей качества воды

Определение температуры

Температура воды имеет большое физиологическое и гигиеническое значение. Наиболее благоприятной для питьевой воды является температура от $+7^{\circ}\text{C}$ до $+12^{\circ}\text{C}$. Также температура рассматривается и как показатель санитарного состояния водоема. Высокая температура воды в колодце летом и низкая зимой говорит о поверхностном расположении грунтовой воды, а, следовательно, большой возможности её загрязнения извне. Повышенная температура воды способствует размножению сапрофитов. Температура питьевой воды должна быть постоянной, так как постоянство температуры воды в водоеме указывает на отсутствие притока в него поверхностных, загрязненных вод.

Определение запаха

Характер и интенсивность запаха определяют органолептически. Характер запаха определяют по ощущению воспринимаемого запаха. Различают две группы запахов: запахи естественного и искусственного происхождения. Запахи естественного происхождения обусловлены живущими и отмирающими в воде организмами, влиянием берегов, дна, почв, грунтов. Так, присутствие в воде растительных остатков придает ей землистый, илистый или болотный запах. Если вода цветет, и в ней содержатся продукты

жизнедеятельности актиномицетов, то она имеет ароматический запах. Наличие сероводорода придает воде запах тухлых яиц.

При гниении органических веществ в воде или загрязнении её нечистотами возникает гнилостный, сероводородный или фекальный запах. Обычно характер запаха воды описывается следующими терминами: ароматический (огуречный, цветочный); болотный (кислый, тинистый); гнилостный (фекальный, сточный); древесный, землистый, плесневелый, рыбный, сероводородный, травянистый, неопределенный.

Запахи искусственного происхождения возникают при загрязнении воды промышленными и сельскохозяйственными сточными водами. Их характер определяют по названию тех веществ, запах которых они представляют: фенольный, камфорный, аптечный, хлорный, металлический.

Вкус и привкус воды

Питьевая вода должна быть приятной, иметь освежающий вкус без какого-либо постороннего привкуса. Вкус воды зависит от минерального состава воды, её температуры и растворенных газов.

Органолептическим методом определяют характер и интенсивность вкуса и привкуса. Различают четыре основных вкусовых ощущения: соленое, кислое, сладкое, горькое. Все другие виды вкусовых ощущений называются привкусами (щелочной, металлический, хлорный, вяжущий и т.д.).

Определение вкуса воды производят только в обеззараженной или заведомо чистой воде при температуре + 20 °С. В сомнительных случаях воду подвергают кипячению в течение 5 минут с последующим охлаждением. Исследуемую воду набирают в рот малыми порциями, не проглатывая, задерживают 3–5 секунд.

Интенсивность вкуса и привкуса оценивают по 5-балльной системе: 0 баллов – нет вкуса; 1 балл – очень слабый; 2 балла – слабый; 3 балла – заметный; 4 балла – отчетливый; 5 баллов – очень сильный.

Интенсивность вкуса и привкуса должна быть не более 2 баллов, а при хлорировании – не превышать 1 балла.

Гигиеническое значение определения запахов и привкусов состоит в том, что при их интенсивности свыше 2 баллов ограничивается водопотребление, интенсивность естественных запахов и привкусов свыше 2 баллов свидетельствует о наличии в воде биологически активных веществ,

искусственные запахи и привкусы могут быть показателями загрязнения воды сточными водами.

Определение прозрачности

Прозрачность воды является важным признаком её доброкачественности. Прозрачность зависит от содержания в воде механических взвешенных веществ (мутность), химических примесей, солей железа. Цветение водоемов ведет также к понижению прозрачности воды. Питьевая вода должна быть прозрачной. Мутная, непрозрачная вода неэстетичная и всегда подозрительна в эпидемиологическом отношении, так как в мутной воде создаются оптимальные условия для размножения микроорганизмов.

Ход определения. Определение прозрачности производится на месте отбора проб воды. Исследуемую воду после взбалтывания наливают в цилиндр Снеллена, отградуированный по высоте в сантиметрах, с прозрачным плоским дном и имеющий у своего основания тубус для выпуска воды, на который надета резиновая трубка с зажимом. Цилиндр ставят на расстоянии 4 см от дна до печатного шрифта Снеллена, смотрят сверху вниз через толщу воды. Если шрифт не виден, выпускают через нижнюю трубку воду до тех пор, пока не определится отчетливо шрифт. Высота этой толщи воды в сантиметрах определяет степень прозрачности воды.

Минимально допустимая прозрачность питьевой воды – не менее 30 см по шрифту Снеллена. Вода с прозрачностью от 20 до 30 см – слабо мутная, от 10 до 20 см – мутная, до 10 см очень мутная.

Определение мутности

Определение мутности производят не позднее 24 часов после отбора пробы воды. Мутность воды связана с присутствием в ней твердых частиц, находящихся в различной степени дисперсности в виде взвешенных веществ и не должна превышать $1,5 \text{ мг/дм}^3$. Мутность воды определяют фотометрическим путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями.

Определение цветности

Питьевая вода должна быть бесцветной. Цветность природной воды обусловлена наличием в ней гуминовых веществ, образующихся в результате разложения растительных остатков, что придает воде желтоватый оттенок. Окраску воде могут придавать соединения железа (желто-зеленоватое окрашивание), цветущие водоросли, взвешенные вещества. Вода может приобретать несвойственные ей оттенки в результате загрязнения сточными

водами различных промышленных предприятий и др. В таких случаях окраску воды обозначают не как “цветность” воды, а как “цвет” и определение цветности не производят.

Принцип метода. Цветность определяют фотометрически в градусах, путем сравнения проб исследуемой жидкости со стандартами, имитирующими цвет природной воды и должна быть не более 20⁰.

Определение сухого остатка

Величина сухого остатка характеризует общее содержание растворенных в воде нелетучих минеральных и частично органических веществ, которые влияют на органолептические показатели воды.

Общее количество солей должно быть не выше 1000 мг/дм³, в отдельных случаях допускается использование воды с сухим остатком до 1500 мг/дм³. Воду с сухим остатком до 1000 мг/дм³ называют пресной, свыше 1000 мг/дм³ – минерализованной.

Гигиеническое значение этого показателя состоит в том, что воды, содержащие повышенные количества минеральных солей, не пригодны для питья, так как имеют соленый или горький вкус, а их употребление приводит к неблагоприятным физиологическим отклонениям в организме. Слабоминерализованная вода (ниже 50-100 мг/дм³) неприятна на вкус, содержит мало микроэлементов и может привести к неблагоприятным физиологическим сдвигам в организме.

1.3 Исследование химического состава воды

Вода различных источников отличается известным постоянством. Появление в воде водоисточника новых соединений или повышение концентрации содержащихся в ней солей указывает на возможное загрязнение его за счет спуска промышленных, сельскохозяйственных или бытовых сточных вод. Вода хозяйственно-питьевого назначения отвечает гигиеническим требованиям, если она имеет постоянный химический состав, концентрации минеральных и органических веществ не превышают предельно допустимых, нет косвенных показателей её загрязнения, отсутствуют ядовитые вещества.

Определение pH воды

Реакция воды обусловлена концентрацией водородных ионов и обозначается символом pH (водородный показатель). С целью получения ориентировочного представления о химическом составе воды в ней предварительно определяют реакцию, или её кислотность и щелочность.

Природная вода обычно имеет слабощелочную реакцию. Увеличение щелочности указывает на загрязнение её или цветение водоема. Кислая реакция воды отмечается при наличии гуминовых веществ или проникновении промышленных сточных вод. Активная реакция (рН) питьевой воды должна быть 6,0-9,0. Для определения рН воды пользуются специальным прибором-ионометром, шкала которого проградуирована в единицах рН.

Определение жесткости воды

Жесткость воды определяется количеством растворенных в ней солей угольной, серной, хлороводородной, фосфорной, азотной кислот, главным образом кальция и магния. В некоторых случаях жесткость воды обусловлена присутствием солей калия, натрия, железа (II), марганца (II), алюминия.

Практически различают три вида жесткости: общую, устранимую и постоянную. Общая жесткость – это жесткость сырой воды, обусловленная всеми соединениями кальция и магния (иногда железа и марганца), независимо от того, с какими анионами они связаны. Постоянная жесткость – жесткость воды после одночасового кипячения. Она обусловлена присутствием сульфатов и хлоридов кальция, железа, магния, калия, натрия, т.е. солей, не дающих осадка при кипячении. Устранимая жесткость обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, меньше магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, которые устраниваются при кипячении, оседают на стенках сосудов в виде накипи (CaCO_3 , MgCO_3). Таким образом, устранимая жесткость есть часть общей жесткости, которую можно вычислить по разнице между общей и постоянной жесткостью. Карбонатная жесткость обусловлена присутствием в воде карбонатов и гидрокарбонатов кальция и магния (иногда калия, натрия, алюминия, марганца, железа). При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния разлагаются. Образующиеся карбонаты кальция и магния выпадают в осадок, и поэтому вода теряет часть жесткости. Щелочность природных вод обуславливается содержанием в ней гидрокарбонатов и карбонатов щелочноземельных металлов (Ca, Mg, K, Na) и других солей слабых кислот. Практически – это устранимая жесткость. Щелочность воды имеет значение для процесса коагуляции воды при её очистке.

Жесткость воды зависит также от химического состава почвы, через которую проходит вода, содержания в ней оксида углерода, степени загрязнения её органическими веществами. Жесткость воды измеряется либо в мг-экв/дм³, либо в градусах. По степени жесткости вода бывает: мягкая, если

общая жесткость её до 10^0 или до 3 мг-экв/дм³; средней жесткости, если общая жесткость её до 20^0 или до 7 мг-экв/дм³; жесткая, если общая жесткость её до 40^0 или до 14 мг-экв/дм³; очень жесткая, если общая жесткость её выше 40^0 или выше 14 мг-экв/дм³.

Для перевода градусов жесткости в мг-экв/дм³ необходимо количество градусов разделить на коэффициент – 2,8; для перевода мг-экв/дм³ в градусы жесткости необходимо мг-экв/дм³ умножить на коэффициент – 2,8

Определение окисляемости воды

Окисляемость воды – это количество кислорода в миллиграммах, которое расходуется на химическое окисление органических и неорганических (соли железа, сероводород, аммонийные соли, нитраты и др.) веществ, содержащихся в 1 л воды. Повышенная окисляемость может указывать на загрязнение воды. Наименьшую окисляемость – (1–2 мг/дм³ O₂) имеют глубокие подземные воды. В грунтовых водах окисляемость составляет 2–4 мг/дм³, причем она тем больше, чем выше цветность воды. В воде открытых водоемов окисляемость выше 5–6 мг/дм³ O₂ в реках и 5–8 мг/дм³ O₂ в водохранилищах.

Определение хлоридов

Гигиеническое значение хлоридов определяется их происхождением. Большое содержание хлоридов возможно при прохождении водоносного горизонта через солончаковые почвы, загрязнении воды сточными водами. Согласно нормативам содержание хлоридов в воде не должно превышать 350 мг/дм³. Содержание хлоридов в воде свыше 350 мг/дм³ придает воде соленый вкус. Значительное содержание хлоридов, аммиака, высокая окисляемость в сочетании с неблагоприятными бактериологическими показателями указывают на санитарное неблагополучие водисточника.

Определение сульфатов

Сульфаты в количествах, превышающих 500 мг/дм³, придают воде горьковато-солончатый вкус, при концентрации 1000–1500 мг/дм³ неблагоприятно влияют на желудочную секрецию, могут вызывать диспепсические явления. В водопроводной воде содержание сульфатов не должно превышать 500 мг/дм³.

Определение железа

В воде могут находиться соединения железа (II) и железа (III). Большие количества растворенного в воде железа не оказывают вредного влияния на здоровье людей, но такая вода непригодна для хозяйственно-бытовых целей.

Повышенное содержание железа вызывает окрашивание, помутнение, придает воде запах сероводорода, неприятный чернильный привкус, а в сочетании с гуминовыми соединениями – болотный привкус. Колонии железобактерий могут закупорить просвет трубопроводов. Вода с повышенным содержанием железа не пригодна для использования в ряде отраслей промышленности. Санитарными нормами установлена для воды водопроводов ПДК железа, равная 0,3 мг/дм³.

Аммиак, нитриты и нитраты в воде

При оценке качества воды учитываются значения химических показателей загрязнения воды органическими веществами, какими являются содержание аммиака, нитритов и нитратов.

Аммиак является начальным продуктом разложения органических азотсодержащих веществ. Поэтому при централизованном водоснабжении его содержание в воде категорически недопустимо. Наличие аммиака в воде в количествах, превышающих 0,1 мг/дм³ при местном водоснабжении, во многих случаях расценивается как показатель опасного в эпидемиологическом отношении свежего загрязнения воды органическими веществами животного происхождения. Иногда, особенно в глубоких подземных водах, возможно присутствие аммиака, образовавшегося за счет восстановления нитратов при отсутствии кислорода. В этом случае аммиак не указывает на недоброкачество воды. Не является показателем органического загрязнения повышенное содержание аммиака в болотистых и торфяных водах (аммиак растительного происхождения).

Показателем более давнего загрязнения являются соли азотистой кислоты – нитриты, которые представляют собой продукты окисления аммиака под влиянием микроорганизмов в процессе нитрификации. При централизованном водоснабжении нитриты не допускаются в воде. При местном водоснабжении наличие нитритов в количествах, превышающих 0,002 мг/дм³, свидетельствует о возможном загрязнении воды органическими азотсодержащими веществами биологического происхождения.

Соли азотной кислоты – нитраты – конечные продукты минерализации органических азотсодержащих веществ. Наличие в воде нитратов без аммиака и солей азотистой кислоты указывает на завершение процесса минерализации и при высоком их содержании в воде свидетельствуют о давнишнем загрязнении её. Одновременное содержание в воде всех трех компонентов – аммиака,

нитритов и нитратов – свидетельствует о незавершенности процесса минерализации и опасном в эпидемиологическом отношении загрязнении воды. Повышенное содержание нитратов в воде может быть также минерального происхождения за счет растворения почвенных солей, например, селитры. Допустимое содержание нитратов в воде при централизованном водоснабжении – 10 мг/дм³, при местном – 20 мг/дм³.

Показателем органического загрязнения воды является также биохимическое потребление кислорода – БПК. БПК_{полн.} – количество кислорода, расходуемое на полное биохимическое (с участием микроорганизмов) окисление органических веществ в 1 л воды при температуре + 20 °С.

Фториды в воде. Гигиеническое значение фтора в питьевой воде

Особое место в исследовании химического состава воды занимает содержание фторидов в воде. Фтор относится к числу микроэлементов, обладающих выраженным биологическим действием. При его участии осуществляются процессы минерализации в тканях зубов и костей. Особенно выраженное влияние он оказывает на клетки, принимающие участие в формировании эмали. Поэтому при потреблении воды с малым содержанием фтора нарушаются процессы нормальной минерализации зубов и, как следствие этого, среди населения отмечается повышенная заболеваемость кариесом зубов. При потреблении воды с высоким содержанием фтора значительно усилены процессы минерализации зубов и костей, и возникает другая специфическая патология – флюороз зубов и костей.

Содержание фтора в природных водоисточниках

Атмосферные воды в большинстве своем содержат малые концентрации фтора – 0,05–0,1 мг/дм³. Эти воды редко используются для питьевого водоснабжения. Однако они играют важную роль в формировании поверхностных (открытых) водоисточников.

Поверхностные (открытые) воды, являющиеся основными источниками водоснабжения для крупных водопроводов, содержат фтор в больших количествах, чем атмосферные воды. Однако в большинстве поверхностных вод содержание фтора также нередко невелико, не превышает, как правило, 0,5 мг/дм³.

Подземные воды содержат фтора значительно большие количества, чем предыдущие водоисточники. В грунтовых водах содержание фтора достигает 1–1,5 мг/дм³, хотя в большинстве составляет до 0,5 мг/дм³.

Гигиенические нормативы фтора в питьевой воде. ПДК фтора в питьевой воде установлена на уровне 1,5 мг/дм³. Учитывая, что водопотребление зависит от климато-географических условий местности, при организации фторирования воды выбор дозы фтора производится в зависимости от климатических районов. Согласно нормативам при фторировании воды постоянной дозой содержание в ней фтора должно быть в I и II климатических районах 1,5 мг/дм³, в III климатическом районе – 1,2 мг/дм³ и IV климатическом районе – 0,7 мг/дм³.

Фторирование воды осуществляют при концентрации фтора в источнике хозяйственного-питьевого водоснабжения менее 0,6-0,5 мг/дм³ и пораженности кариесом зубов свыше 25-30% населения.

Для фторирования питьевой воды применяют фторид натрия NaF, кремнефтористый натрий Na₂SiF₆ или кремнефтористый аммоний (NH₄)₂SiF₆, которые обладают высоким противокариозным действием. Фторсодержащие реагенты добавляют в воду в виде сухого вещества или раствора.

Оптимальной концентрацией фтор-иона (до которой доводят при искусственном фторировании воды) считают 70-80% от ПДК, т.е. для I-го района – 1,1 мг/дм³, II-го района – 1,0 мг/дм³, III-го – 0,9 мг/дм³, IV-го – 0,6 мг/дм³.

Принцип метода определения фтора в питьевой воде и оценка результатов определения. Принцип метода определения фтора в воде основан на способности фторид-ионов образовывать с цирконием бесцветный комплекс (ZrF₆). Освобождающаяся азаринсульфоновая кислота способствует появлению желтого цвета. При этом красная окраска, свойственная азарин-цирконию лаку, по мере образования бесцветного комплекса с фтором, содержащимся в воде, переходит в желтые тона. Определение может производиться фотометрически и визуально. Содержание фтора 0,5 мг/дм³ и ниже оценивается как низкое, 1,5 мг/дм³ – предельно допустимое, более высокое содержание фтора в воде является основанием к недопущению употребления воды для питьевых целей при условии длительного водопользования без предварительного обесфторивания воды.

1.4 Основные бактериологические показатели загрязнения воды

С эпидемиологической точки зрения при оценке воды имеют значение преимущественно патогенные микроорганизмы. Однако на современном этапе исследование воды на присутствие в ней патогенных микроорганизмов, а тем более вирусов, является трудоемким процессом. В оценке качества воды в практике широко используются косвенные показатели загрязнения воды. При этом считается, что чем менее вода загрязнена сапрофитами, тем менее опасна она в эпидемиологическом отношении.

К бактериологическим показателям загрязнения воды относятся: коли-титр, коли-индекс и микробное число (или счет колоний).

Коли – титр – то наименьшее количество воды, в котором обнаруживается одна кишечная палочка. Чем ниже коли-титр, тем значительнее фекальное загрязнение. В норме при централизованном водоснабжении коли-титр – 330, при местном – 100.

Коли-индекс – количество кишечных палочек в одном литре воды. В норме при централизованном водоснабжении коли-индекс – 3, при местном водоснабжении – 10.

Микробное число (или счет колоний) – это количество колоний, вырастающих при посеве 1 мл исследуемой воды на мясо-пептонный агар после 24 часов выращивания при температуре + 37 °С.

Микробное число характеризует общую бактериальную обсемененность воды. В норме при централизованном водоснабжении микробное число (или счет колоний) – 100, при местном – 300–400.

Экспериментальные исследования показали, что кишечная палочка более устойчива к дезинфицирующим агентам, чем возбудители кишечных инфекций, туляремии, лептоспироза и бруцеллеза, и поэтому может служить не только показателем загрязнения воды, но и индикатором надежности её обеззараживания, например, на водопроводе.

1.5 Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности

Водные объекты считаются пригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения:

- не нарушаются общие требования к составу и свойствам воды для питьевого водоснабжения;

- выполняются условия $C \leq \text{ПДК}$,

где C – содержание примесей в водном объекте, г/м³

$$\sum \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 \quad (1.1)$$

где C_i и ПДК_i – соответствующая концентрация лимитируемых примесей.

Гигиенические требования, которые определяют пригодность воды для питьевых целей, включают:

- безопасность в эпидемиологическом отношении;
- безвредность химического состава;
- благоприятные органолептические свойства;
- радиационную безопасность.

Концентрация лимитирующих примесей воды определяется на основании данных лабораторного анализа, а ПДК согласно нормативным документам, для Украины это ДержСанПиН.

Примеры решение задач

Задача 1. При анализе пробы воды, взятой из водоносного горизонта, получены следующие результаты: запах 1 балл, мутность 1,2 мг/дм³, цветность 8 град., Активная реакция (рН) 7,6, жесткость общая 3,4 мг-экв/дм³, содержание кальция 36,8 мг/дм³, меди 19,8 мг/дм³; железо общее 0,22 мг/дм³, хлор 7 мг/дм³, сульфаты 30 мг/дм³, сухой остаток 140 мг/дм³. Можно ли использовать эту воду для водоснабжения, и достаточен ли объем выполненного анализа для такой оценки?

Ответ: По всем приведенным показателям качество воды источника удовлетворяет требованиям СанПиНу Украины, однако на основании этих данных вывод о пригодности воды для питьевых целей сделать нельзя, потому что не выполнены бактериологические анализы; не определена концентрация фтора, наличие которого в воде обязательно и строго нормированная; нет санитарно-токсикологического анализа.

Задача 2. Определить, пригодна ли вода для питьевых целей, если она удовлетворяет требованиям СанПиНа по органолептическим и бактериологическим показателям, а в веществах, нормированных по санитарно-токсикологическим показателям вредности, обнаружены ионы свинца $[\text{Pb}^{2+}]$ 0,0085 мг/дм³, стронция $[\text{Sr}^{2+}]$ 0,9 мг/дм³, молибдена $[\text{Mo}^{2+}]$ 0,01 мг/дм³?

Ответ: Концентрация свинца, стронция и молибдена не превышает норм, установленных СанПиНом Украины, однако для учета кумулятивного (общего) действия соединений перечисленных элементов нужно провести расчет по формуле (1.1).

$$\sum \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1, \quad \frac{0,0085}{0,01} + \frac{0,9}{7} + \frac{0,01}{0,07} = 1,252 > 1$$

Сумма отношения концентраций каждого из веществ, к соответствующей ПДК, больше единицы, значит такая вода непригодна для питьевых целей.

Контрольные вопросы:

1. Какими документами нормируются требования к качеству питьевой воды в Украине?
2. По каким критериям оценивается качество воды с точки зрения экологической безопасности?
3. Назовите мероприятия улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения.
4. Что такое и чем отличаются понятия ПДК и ПДС?
5. Что такое кратность разбавления и на что она влияет?
6. В чем состоит контроль состоянием воды в поверхностных и подземных источниках водоснабжения?
7. По каким показателям нормируют качество воды?
8. На основании каких показателей определяют пригодность того или иного источника для водоснабжения?
9. Зарубежные требования к качеству питьевой воды (рекомендации ВОЗ (ООН), требования Агентства по охране окружающей среды (США), Директивы ЕС (Евросоюз).
10. Физические показатели воды.
11. Химический состав воды.
12. Основные бактериологические показатели загрязнения воды.

ТЕМА 2 Классификация ресурсосберегающих технологий, характеристика реагентных методов. Пути ресурсосбережения в системах водоснабжения. Характеристика реагентных методов ресурсосберегающих технологий, анализ их. Активированные растворы реагентов, область их применения

2.1 Реагентное хозяйство

Для предварительных расчетов дозу неорганического коагулянта в переводе на безводный продукт допускается принимать в соответствии с таблицей 17 ДБН В.2.5-74 – по мутности, по формуле 2.1 – по цветности

$$D_k = 4\sqrt{C}, \text{ мг/дм}^3 \quad (2.1)$$

При использовании процесса контактной коагуляции непосредственно в толще фильтрующей загрузки фильтров ориентировочные дозы коагулянтов принимаются на 10–15 % меньше.

Общий суточный расход коагулянта

$$G_K = \frac{D_p \cdot Q_{\text{сут}}}{10^6}, \text{ т/сут.} \quad (2.2)$$

Доза флокулянта D_f принимается в соответствии с п.10.4.3 ДБН.

Дозы реагентов окислителей принимают в соответствии с п.10.19.2 и 10.19.3.

Доза извести для подщелачивания определяется по формуле:

$$D_u = K_u \left(\frac{D_k}{e_k} - Щ_0 \right) + 1, \text{ мг/дм}^3, \quad (2.3)$$

где D_k – максимальная доза безводного коагулянта, мг/дм³;

e_k – эквивалентная масса коагулянта, мг/мг-экв;

K_u – коэффициент, равный для извести 28;

$Щ_0$ – минимальная щелочность воды, □оль/дм³.

2.2 Применение активированных растворов реагентов

Достижение ресурсосбережения возможно за счет активирования реагентов. Установлено, что при использовании активатора реагентов (коагулянта, флокулянта) происходит увеличение производительности очистных сооружений водопровода, снижение расчетных доз коагулянта.

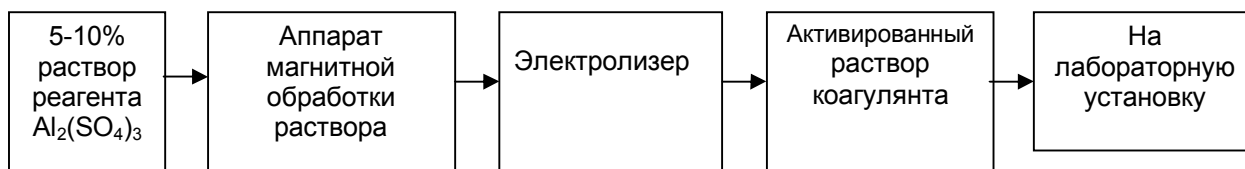


Рисунок 2.1 – Схема цепи аппаратов для активации растворов коагулянта

Для активирования растворов реагентов разработаны специальные установки, предусматривающие последовательную и одновременную активацию исходного раствора коагулянта магнитным полем и насыщение его анодно-растворенным железом – *активаторы реагентов*.

Основным *технологическим критерием* эффективности использования активированного раствора коагулянта сульфата алюминия принято остаточное содержание взвешенных веществ в осветленной воде, т.к. именно он и является одним из основных факторов, характеризующих работу очистных сооружений водопровода как в целом, так и их отдельных сооружений, например, отстойников, фильтров и др. Получаемый эффект активации раствора коагулянта магнитным полем определяется по отношению:

$$\mathfrak{A} = \frac{D_0}{D_m} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

где \mathfrak{A} – эффект активации, %;

D_0 – остаточное содержание взвешенных веществ в осветленной воде (оптическая плотность взвеси в пробе);

D_m – то же при обработке воды активированным коагулянтом.

Эффективность воздействия активированного раствора коагулянта определяют по отношению:

$$E = \frac{E_M}{E_0} \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

где E – эффективность воздействия активированного раствора коагулянта, %;

E_M – процент взвеси, выпавшей в воде, обработанной активированным раствором;

E_0 – то же в воде при обычной коагуляции.

Эффективность обработки (осветления воды) определяется по формуле

$$\mathfrak{A} = \frac{C}{C_{акт}} \cdot 100\%, \quad (2.6)$$

где \mathfrak{A} – эффективность активации, %;

C – остаточное содержание взвешенных веществ в осветленной

воде, мг/дм³;

$C_{акт}$ – то же, но при обработке воды активированным раствором коагулянта, мг/дм³.

Сравнение экспериментальных и расчетных значений величины цветности в осветленной воде выполнено по формуле:

$$E(C_{осв.}) = \frac{(C_{осв.})_{экс} - (C_{осв.})_{расч}}{(C_{осв.})_{экс}} \cdot 100\% . \quad (2.7)$$

Эффективность влияния раствора сульфата алюминия на снижение величины ξ -потенциала золя гидроксида алюминия определялась уравнением:

$$\mathcal{E}_{\xi} = \frac{\xi_0 - \xi_1}{\xi_0} \cdot 100\% , \quad (2.8)$$

где \mathcal{E}_{ξ} – эффективность магнитно-электрической обработки $Al_3(SO_4)_3$ на снижение дзета-потенциала золя $Al(OH)_3$, %;

ξ_0 – электрокинетический потенциал золя $Al(OH)_3$ в условиях обычной коагуляции, мВ;

ξ_1 – то же в условиях коагуляции с раствором $Al_2(SO_4)_3$, подвергнутым магнитно-электрической обработке, мВ.

Удельную адсорбцию гуминов на гидроксиде алюминия определяли по следующему уравнению:

$$\Gamma = \frac{\Gamma' - \Gamma''}{M} , \text{ мг/г} , \quad (2.9)$$

где Γ – удельная адсорбция гуминов мг/л;

Γ' – содержание гуминовых веществ в исходной воде, мг;

Γ'' – то же, после обесцвечивания, мг;

M – количество гидроксида алюминия, образовавшегося после гидролиза, г.

Степень структурно-механической гидратации осадка

$$\Gamma_0 = \frac{\gamma_T - \gamma_0}{\gamma_0} \approx \frac{\gamma_T}{\gamma_0} , \quad (2.10)$$

где γ_T – удельный вес твердого вещества, образующего каркас хлопьев осадка, г/мл;

γ_T – весовое содержание твердой фазы в единице объема осадка, г/мл.

Изменение напряженности магнитного поля в рабочем зазоре активатора зависит от силы тока подаваемого на катушку.

Напряженность магнитного поля определялась по формуле:

$$H = \frac{8C_{\phi}\alpha_0}{S_m}, \quad (2.11)$$

где H – напряженность магнитного поля, КА/м;

α – отклонения стрелки милливеберметра (по шкале);

C_{ϕ} – постоянная прибора;

S_m – постоянная катушки.

Потребляемая мощность активатора:

$$P = m \cdot I \cdot U_n, \text{ Вт} \quad (2.12)$$

где m – количество намагничивающих катушек;

I – сила расчетного тока, А.

Задачи для решения

Задача 1. Определить дозу коагулянта и флокулянта по безводной составляющей для очистки воды мутностью ($M = 50 \text{ мг/дм}^3$) и цветностью ($C = 100$ град).

Задача 2. Определить необходимую дозу извести, необходимую для улучшения процесса хлопьеобразования, в качестве коагулянта используется сульфат алюминия, при исходной воде мутностью (M) 200 мг/дм^3 , цветностью (C) 100 град, минимальная щелочность 4 мг-экв/л .

Задача 4. Найти суточную потребность товарного продукта (коагулянт сульфат алюминия) для очистных сооружений производительностью 30 тыс. кубометров воды в сутки при ее мутности 120 мг/дм^3 и цветностью 90 град. Активная часть коагулянта 28% .

Задача 5. Определите количество воды необходимое для приготовления 5 -ти % активированного р-ра коагулянта сульфата алюминия для осветляемой воды с цветностью 130 град, и мутностью 150 мг/дм^3 . Активная часть коагулянта $33,5\%$, производительность очистных сооружений $15500 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Задача 6. Определите удельную адсорбционную способность гуминов на гидроксиде алюминия при массе гуминовых веществ в воде исходной $\Gamma' = 55 \text{ мг}$ и после обесцвечивания $\Gamma'' = 15 \text{ мг}$, массе гидроксида алюминия, образовавшегося после гидролиза $M = 23 \text{ мг}$.

Задача 7. Определите эффективность магнитной обработки воды с целью снижения накипеобразования при количестве накипи, образовавшейся из необработанной воды $A_n = 115 \text{ мг}$ и количестве накипи, образовавшейся из омагниченной воды $A_m = 82 \text{ мг}$.

Задача 8. Определите потребляемую мощность активатора реагента при расчетном токе $I = 8,5$ А, номинальном напряжении источника питания $E=24$ В и количестве намагничивающих катушек $n_k=2$.

Задача 9. Определить напряжение магнитного поля в рабочем зазоре активатора реагента при постоянной прибора, милливеберы на деление $C_\Phi=10^3$, отклонении стрелки милливеберметра в делениях шкалы $\alpha=25$ и постоянной измерительной катушки-датчика, определяемой при помощи образцов приборов $\mu_0 = 455$.

Задача 10. Определить степень структурно-механической гидратации осадка, оседающего с гидравлическую крупность $0,2$ мм/с и больше при плотности твердого вещества, образующего каркас хлопьев осадка $\gamma_T = 0,81$ г/см³ и массе твердой фазы в единице объема осадка $\gamma_0 = 0,015$ г/см³.

Задача 11. Определите какое количество коагулянта необходимо загрузить в растворный бак для получения 20%-ного раствора коагулянта ($Al_2(SO_4)_3$), если объем бака $W=8$ м³, содержание чистого вещества в технологическом продукте $p=33,5\%$, плотность раствора коагулянту $\gamma=1,1$ т/м³?

Задача 12. Определите эффект активации раствора коагулянта магнитным полем при остаточном содержании взвешенных веществ в осветленной воде (оптическая плотность в пробе) $D_0=3610$ мг/л и остаточном содержании взвешенных веществ при обработке воды активированным коагулянтом $D_m=1850$ мг/л.

Задача 13. Определить эффективность магнитно-электрической обработки раствора сульфата алюминия на снижение ξ -потенциала золя гидроксида алюминия при электрокинетическом потенциале золя $Al(OH)_3$ в условиях обычной коагуляции $\xi_0=124$ мВ и электрокинетическом потенциале золя $Al(OH)_3$ коагуляции с раствором $Al_2(SO_4)_3$ $\xi_0=124$ мВ.

Контрольные вопросы:

1. Назовите существующие реагенты.
2. Как определяется доза коагулянта?
3. Как определяется доза флокулянта?
4. Как определяется доза щелочи для подщелачивания?
5. Назовите известные методы активации реагентов, в чем их отличия?

6. Опишите схему процесса магнитно-электрической активации раствора реагента.
7. Критерии эффективности активации раствора реагента.
8. Основные параметры работы активатора реагентов.

ТЕМА 3 Технологические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения, классификация и характеристика их. Выбор ресурсосберегающих технологий для процессов очистки питьевой воды

В практике водоподготовки должно быть обеспечено быстрое и равномерное распределение реагентов в обрабатываемой воде. Особенно важно увеличение скорости распределения при введении коагулянтов (растворов солей алюминия и железа) для создания условий их эффективного и рационального использования.

3.1 Расчет перфорированного распределителя

Перфорированный распределитель предназначен для введения растворов коагулянта или флокулянта и может быть установлен в трубе перед смесителем, при поступлении воды в смеситель или в одном из отделений входной камеры перед контактными осветлителями. В последнем случае рекомендуется устанавливать распределитель в проеме перегородки, создающем сужение потока и увеличение его турбулентности.

Потери напора при обтекании распределителя водой составляют 10–15 см. Распределители из перфорированных трубок не рекомендуется применять при обработке воды раствором коагулянта, содержащим нерастворимые примеси.

Для введения растворов минеральных коагулянтов следует применять распределители из винипластовых труб или из нержавеющей стали.

Число отверстий в распределителе следует определять по расходу раствора коагулянта и величине потери напора в распределителе 30–50 см.

Порядок расчета

1. Расход раствора коагулянта q_K , см³/с, рассчитывается по формуле:

$$q_K = \frac{D_K \cdot q_B \cdot 100}{C_K \cdot \rho}, \text{ см}^3/\text{с}, \quad (3.1)$$

где q_B – расход воды, проходящей через распределитель, м³/с;

C_k – концентрация раствора коагулянта, % по массе;

ρ – плотность раствора коагулянта концентрации C_k , г/см³ (табл. 3.1).

Плотность раствора коагулянта при заданной концентрации следует принимать по таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Плотность раствора коагулянта в зависимости от его концентрации

Концентрация раствора $Al_2(SO_4)_3$, % по массе	Плотность раствора, ρ , г/см ³
1	1,009
2	1,019
4	1,040
6	1,060
8	1,083
10	1,105
20	1,226

2. Расход раствора коагулянта q_0 , см³/с, проходящего через одно отверстие определяется по таблице 3.2.

$$q_0 = \mu \omega \sqrt{2gh} \quad (3.2)$$

где μ – коэффициент расхода, приближенно равный 0,75;

ω – площадь отверстия, см²;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

h – заданная потеря напора в распределителе.

В таблице 3.2 приведены расходы раствора коагулянта, проходящего через одно отверстие, при потере напора в распределителе, равной 30 см; указаны рекомендуемые диаметры лучей в зависимости от диаметра отверстий.

Таблица 3.2 – Расходы раствора коагулянта

Диаметр отверстия, мм	Расход раствора коагулянта, проходящего через одно отверстие при $h = 30$ см, см ³ /с	Диаметр луча, мм
3	12,8	15
4	22,8	20
5	35,6	25
6	51,3	32

3. Число отверстий n_0 в распределителе (при выбранном диаметре отверстий) надлежит определять по формуле:

$$n_o = \frac{q_k}{q_o}, \text{ шт.} \quad (3.3)$$

При $n_o > 32$ следует увеличить диаметр отверстий и повторить расчет.

В целях уменьшения вероятности засорения отверстия должны быть расположены так, чтобы их диаметр увеличивался от внутренней поверхности луча к наружной (после сверления отверстий на лучах сверлом расчетного диаметра).

4. Число лучей в распределителе следует выбирать так, чтобы на каждом луче было не более 3–4 отверстий (число лучей должно быть не более 8).

Отверстия на лучах распределителя должны быть расположены симметрично относительно оси трубы, по которой поступает обрабатываемая вода, а на каждом луче – симметрично относительно точки, отстоящей от стенки трубы на 0,25 диаметра трубы D .

Расположение отверстий на лучах распределителя следует выбирать в соответствии с таблицей 3.3.

Таблица 3.3 – Расположение отверстий на лучах распределителя

Число отверстий на луче распределителя	Расстояние от внутренней стенки трубы до отверстия, доли от D
1	0,25
2	0,2; 0,3
3	0,2; 0,25; 0,3
4	0,16; 0,22; 0,28; 0,34

3.2 Применение тонкослойных элементов в отстойниках и осветлителях

Тонкослойные элементы или блоки могут выполняться из мягких или полужестких полимерных пленок, соединенных в сотовую конструкцию, или из жестких листовых материалов в виде отдельных полок (рис. 3.1).

Размеры в плане отдельных блоков для удобства их монтажа и эксплуатации следует принимать 1×1 – $1,5 \times 1,5$ м с учетом фактических размеров сооружения. Высоту поперечного сечения тонкослойного ячеистого элемента рекомендуется принимать равной 0,03–0,05 м. Ячейки могут быть приняты любой формы, исключаяющей накопление в них осадка. Угол наклона элементов необходимо принимать 50 – 60° (меньшие значения – для более мутных вод, большие – для маломутных цветных). Длину тонкослойных элементов следует определять специальным расчетом и принимать 0,9–1,5 м.

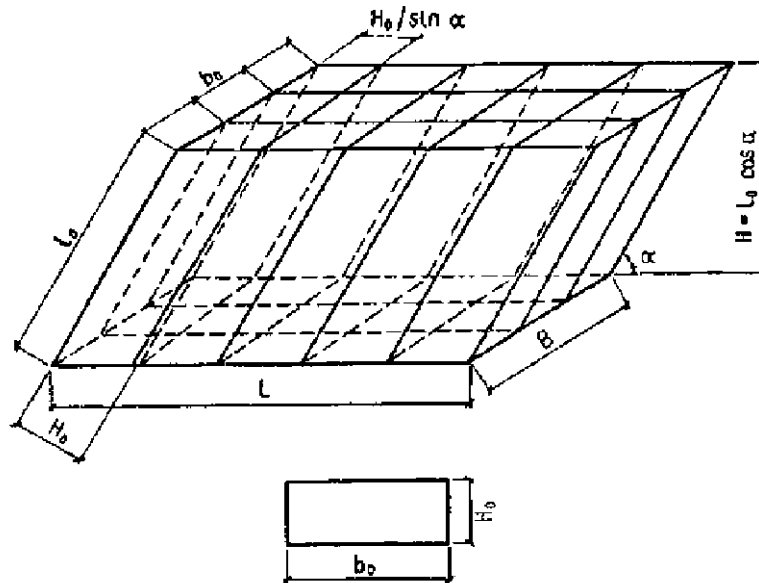


Рисунок 3.1 – Конструктивные параметры тонкослойных элементов в блоке:
 l_0 – длина тонкослойного элемента; b_0 – ширина тонкослойного элемента;
 H – высота тонкослойного элемента; L – длина тонкослойного сотоблока;
 B – ширина тонкослойного сотоблока

Сбор осветленной воды из тонкослойных сооружений следует осуществлять по желобам с затопленными отверстиями или открытыми водосливами, например, треугольного профиля, расположенными на расстоянии не более 2 м один от другого.

Порядок расчета тонкослойных отстойников и осветлителей

Расчет технологических и конструктивных параметров сооружений, а также отдельных тонкослойных элементов следует производить по зависимости

$$l_0 = \varphi K_{\Phi} H_0 \left[\frac{v_0}{u_o \cos \alpha K_{\text{гр}} \beta} - K_{\text{ст}} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha) \right]. \quad (3.4)$$

Для удобства расчета формула (1.2) приведена к виду

$$q_{\text{уд}} = \frac{U_0 \beta K_{\text{аз}}}{K_1} \left(\frac{l_0}{K_2 H_0} + 1 \right) \quad (3.5)$$

$$l_0 = K_2 \cdot H_0 \left(\frac{q_{\text{уд}} \cdot K_1}{u_o \cdot \beta \cdot K_{\text{аз}}} - 1 \right) \quad (3.6)$$

где K_1 и K_2 – обобщенные расчетные коэффициенты:

$$K_1 = \frac{1}{K_{cm} \times K_{o.u} \times K_{\kappa}}; \quad (3.7)$$

$$K_2 = \frac{\varphi \times K_{\phi} \times K_{cm}}{\sin \alpha \times \cos \alpha}; \quad (3.8)$$

где φ – коэффициент, учитывающий влияние гидродинамических условий потока в тонкослойных элементах;

Коэффициент φ следует определять по данным таблицы 3.4, в которой b_0 – ширина тонкослойного элемента, H_0 – высота тонкослойного элемента.

K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий форму поперечного сечения тонкослойных элементов (для сечения прямоугольной формы $K_{\phi} = 1,0$; круглой – 0,785; треугольной – 0,5; шестиугольной – 0,65-0,75; при использовании труб и межтрубного пространства - 0,5).

H_0 – высота тонкослойного элемента;

u_o – расчетная скорость осаждения взвеси, м/ч;

α – угол наклона тонкослойных элементов к горизонту, град (принимается 50–60°);

β – коэффициент, учитывающий стесненное осаждение взвеси под тонкослойными элементами;

K_{ag} – коэффициент агломерации, учитывающий влияние осадка, выделяющегося из тонкослойных элементов на интенсификацию хлопьеобразования. Значение произведения $\beta \times K_{ag}$ следует принимать равным 1,15-1,3.

K_{cm} – коэффициент, учитывающий стеснение сечения потока в тонкослойном элементе сползающим осадком. Значение K_{cm} рекомендуется принимать в среднем 0,7-0,8.

$K_{o.u.}$ – коэффициент, учитывающий гидравлическое совершенство тонкослойного сооружения и степень его объемного использования – отношение фактического к расчетному времени пребывания воды ($K_{o.u.} = 0,6-0,75$).

K_{κ} – конструктивный коэффициент, равный отношению фактической открытой для движения воды площади тонкослойных элементов к общей площади зеркала воды отстойного сооружения (0,7–0,95). Значение коэффициента K_{κ} следует определять по фактическим данным с учетом толщины материала для тонкослойных элементов.

Таблица 3.4 – Характеристика тонкослойного элемента

Характеристика тонкослойного элемента	Значение b_0 / H_0			
	1,0-2,5	2,5-5,0	5,0-10	10
Значение φ	1,25	1,15	1,05	1,0

Расчетная скорость осаждения взвеси должна приниматься в соответствии с опытом эксплуатации сооружений, работающих в аналогичных условиях. При отсутствии такого опыта следует производить технологическое моделирование процессов хлопьеобразования и тонкослойного осаждения с целью определения требуемого значения u_o .

Полученные по расчету размеры тонкослойных элементов и тонкослойных сооружений в целом, а также значения удельных нагрузок надлежит проверить и скорректировать с учетом обеспечения минимального времени между выпусками осадка 6–8 ч. При этом высоту защитной зоны для вертикального отстойника следует принять равной 1,5 м, для горизонтального – 1 м. Высоту зоны сбора осветленной воды рекомендуется принимать не менее 0,4-0,5 м.

3.3 Фильтры с плавающей пенополистирольной загрузкой. Дренажи скорых фильтров с пористого полимербетона

Расчет распределительных труб и коллектора следует производить исходя из суммарной площади отверстий (для труб) или суммарной площади ответвлений η (для коллектора), т.е. величины f , м^2 , определяемой по формулам:

$$f \leq \frac{aF}{\mu\sqrt{1-\zeta}} \quad \text{при } \zeta < 1 \quad (3.9)$$

$$f \leq \frac{aF}{\mu\sqrt{\zeta-1}} \quad \text{при } \zeta > 1 \quad (3.10)$$

где a – характеристика трубопровода, определяемая по рисунку 3.2, в зависимости от допустимой степени неравномерности распределения воздуха по площади сооружения, имея в виду, что общая неравномерность $\Delta_{\text{общ}}$ представляет собой сумму неравномерностей распределения в ответвлениях Δ_0 и в коллекторе $\Delta_{\text{кол}}$, причем $\Delta_{\text{общ}} = \Delta_0 + \Delta_{\text{кол}} \leq 0,02$;

F – площадь поперечного сечения рассматриваемого трубопровода (ответвления или коллектора);

$$F_{\text{кол}} = \frac{\mu_{\text{кол}} \sum f_0 \sqrt{1 - \zeta_{\text{кол}}}}{\alpha_{\text{кол}}} \quad (3.11)$$

μ - коэффициент расхода; для ответвлений определяется в зависимости от диаметра зерен загрузки фильтровального сооружения по рисунку 3.3; при применении гравийной загрузки следует принимать равным 0,54;

ζ - коэффициент сопротивления трубопровода, зависящий от его длины l и диаметра d .

Коэффициент сопротивления ζ следует определять по формуле:

$$\zeta = 0,0044 \frac{l}{d} \quad (3.12)$$

а величину $\mu_{\text{кол}}$ - по формуле:

$$\mu_{\text{кол}} = \sqrt{\frac{1}{5 + \psi_{\text{общ}}}} \quad (3.13)$$

где $\psi_{\text{общ}}$ - общий коэффициент сопротивления по формуле:

$$\psi_{\text{общ}} = \frac{1 - \zeta_0}{\sin^2 \left(\frac{a_0 \cdot 180^\circ}{\pi} \right)} + \zeta_0 \quad (3.14)$$

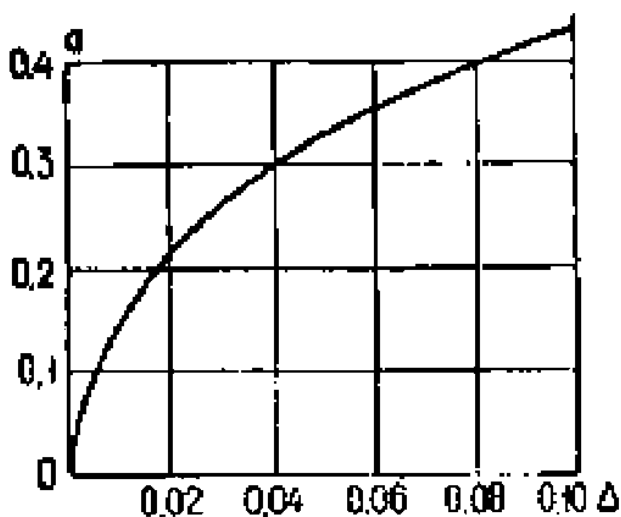


Рисунок 3.2 – Номограмма зависимости между неравномерностью распределения воздуха Δ и характеристикой трубопровода a

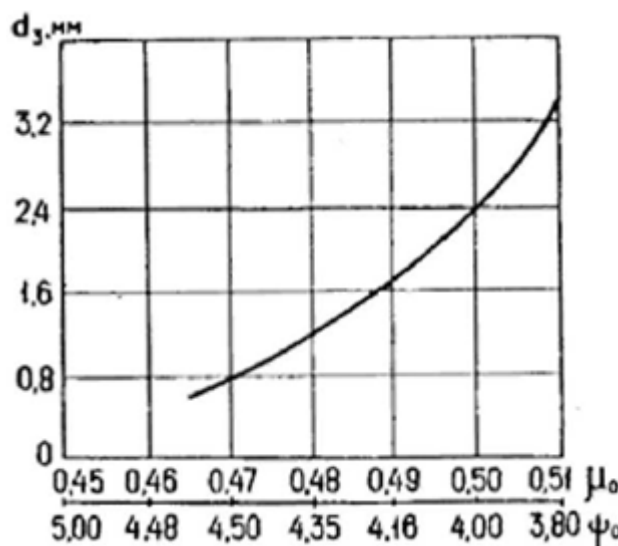


Рисунок 3.3 – Номограмма зависимости между коэффициентом μ_0 (или коэффициентом Ψ_0) и крупностью песчаной загрузки d_3

Задачи для решения

Задача 1. Произведите расчет перфорированного распределителя коагулянта, если через смеситель проходит расход воды $Q = 6\,700 \text{ м}^3/\text{ч}$, мутность воды составляет 200 мг/дм^3 , цветность 55 град , концентрация раствора коагулянта 10 \% (по массе) при этом плотность раствора $\rho = 1,105 \text{ г/см}^3$.

Задача 2. Произведите расчет тонкослойного отстойника. Качество исходной воды: цветность 130 град , мутность 90 мг/дм^3 , доза 45 мг/дм^3 по безводному продукту, расчетная скорость осаждения взвеси $0,32 \text{ мм/с}$. Тонкослойные элементы прямоугольного сечения размеры в плане $0,05 \times 0,5 \text{ м}$ и угол наклона $\alpha = 60^\circ$ при значениях коэффициентов $K_k = 0,8$; $K_{\text{о.и.}} = 0,75$; нагрузка на сооружение составляет $3,9 \text{ м/ч}$.

Задача 3. Произведите расчет тонкослойного осветлителя. Качество исходной воды: цветность 50 град , мутность 750 мг/дм^3 , доза 60 мг/дм^3 по безводному продукту, расчетная скорость осаждения взвеси $0,44 \text{ мм/с}$. Тонкослойные элементы прямоугольного сечения размеры в плане $0,05 \times 0,5 \text{ м}$ и угол наклона $\alpha = 50^\circ$ при значениях коэффициентов $K_k = 0,75$; $K_{\text{о.и.}} = 0,65$; нагрузка на сооружение составляет $5,8 \text{ м/ч}$.

Задача 4. Определите суточную потребность в реагентах по товарному продукту в схеме Горизонтальный отстойник – скорый фильтр с учетом повторного использования промывной воды. Полезная производительность станции $Q_{\text{п}} = 95\,750 \text{ м}^3/\text{сут}$; доза безводного коагулянта принята равной 65 мг/дм^3 (по мутности и цветности), доза полиакриламида принята $0,5 \text{ мг/ мг/дм}^3$. Содержание активного продукта безводной соли $Al_2(SO_4)_3$ – $33,5\%$; ПАА – 8 \% гель.

Задача 5. Выполните расчет распределительной системы для подачи воздуха в фильтровальных сооружениях с водовоздушной промывкой (распределительных труб). Фильтр имеет отделения в плане $6 \times 4,8 \text{ м}$. интенсивность подачи воздуха $18 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$. Распределительная система находится в гравийном слое. Расстояние между трубами в осях 300 мм . Диаметр ответвлений принимается 50 мм , площадь сечения трубы $0,0019 \text{ м}^2$, распределение в ответвлениях $\Delta_o = 0,018$, характеристика трубопровода $a = 0,2$, коэффициент расхода $\mu_o = 0,54$.

Задача 6. Выполните расчет коллектора распределительной системы для подачи воздуха в фильтровальных сооружениях с водовоздушной промывкой (коллектора. Фильтр имеет отделения в плане 6×8 м. интенсивность подачи воздуха $20 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$. Распределительная система находится в гравийном слое. Расстояние между трубами в осях 300 мм. Диаметр ответвлений принимается 50 мм, площадь сечения трубы $0,0019 \text{ м}^2$, распределение в ответвлениях $\Delta_o = 0,018$, характеристика трубопровода $a = 0,2$, коэффициент расхода $\mu_{\text{кол}} = 0,54$. Площадь сечения трубы $0,0707 \text{ м}^2$, число ответвлений 20, $\sum f_0 = 0,038 \text{ м}^2$.

Контрольные вопросы

1. Классификация технологических методов, их характеристика.
2. Регулирование величины рН воды с целью уменьшения дозы реагентов.
3. Область применения и преимущества минеральных замутнителей.
4. Перемешивание воды с реагентами – ресурсосберегающий фактор.
5. Характеристика факторов, улучшающих процесс коагуляции при очистке природных вод.
6. Фракционированное коагулирование, область применения.
7. Концентрированное коагулирование, область применения.
8. Прерывистое (периодическое) коагулирование, область применения.
9. Рециркуляция осадка коагулированной взвеси, область применения.

ТЕМА 4 Физические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения. Классификация физических методов ресурсосберегающих технологий, область применения их. Конструктивные особенности оборудования, физических методов ресурсосберегающих технологий

4.1 Расчет пластинчатого электролизера с алюминиевыми электродами

В результате технологического и конструктивного расчета электролизера по заданному качеству исходной и очищенной воды и ее расходу определить дозу алюминия, силу тока и толщину алюминиевых электродов, определит размеры электролизера, а также необходимые электрические параметры для выбора электрооборудования.

Необходимая доза алюминия определяется по его удельным расходам на удаление отдельных загрязнений и уточняется пробным коагулированием.

Часовой расход алюминия, G , г/ч, который необходимо ввести в воду определяется по формуле $G_{Al} = D_{Al} Q$, (4.1)

где D_{Al} – доза алюминия, г/м³, Q – м³/ч.

$$\text{Сила тока } I, \text{ обеспечивающая растворение алюминия } I = \frac{G_{Al}}{K} \cdot \frac{100}{\eta n}, \quad (4.2)$$

где K – электрохимический эквивалент алюминия, равный 0,3356 г/а·ч,

η – выход алюминия по току.

Рабочая поверхность анода S , м², определяется исходя из оптимальной плотности тока i , а/м

$$S = I/i \quad (4.3)$$

Необходимая толщина анодов δ определяется с учетом их износа на 80 % и срока эксплуатации, м

$$\delta = \frac{W_{ан}}{S \cdot 0.8 \cdot 0.5} = \frac{G}{\gamma \cdot S \cdot 0.4} = \frac{Q_{сут} \cdot D_{Al} \cdot n_{сут}}{0.4 \cdot \gamma \cdot S \cdot 10^6} \quad (4.4)$$

где $W_{ан}$ – объем анода, м³, G – вес анода, т, $Q_{сут}$ – производительность установки, м³/сут, n – расчетная производительность работы пакета электродов, сут.

Таблица 4.1 – Удельные расходы алюминия и электроэнергии на удельные загрязнения воды

Загрязнения	Измеритель	Предварительная очистка		Глубокая очистка	
		Al ³⁺ , мг	Электро-энергия, Вт·ч/м ³	Al ³⁺ , мг	Электро-энергия, Вт·ч/м ³
Мутность	1 мг/дм ³	0,04–0,06	5–10	0,15–0,2	20–40
Цветность	1 град	0,04–0,1	10–40	0,1–0,2	40–80
Соед. кремния	1мг SiO ₂	0,2–0,3	20–60	1,0–2,0	100–200
Соед. железа	1 мг Fe	0,3–0,4	30–80	1,0–1,5	100–200
Кислород	1 мг O ₂	0,5–1,0	40–200	2,0–5,0	80–800
Водоросли	1000 кл	0,006–0,025	5–10	0,02–0,03	10–20
Бактерии	1000 кл	0,01–0,04	5–20	0,15–0,20	40–80

Толщина электрода принимается по конструктивным соображениям.

Ширину электрода b (м) и его площадь S , определяют учитывая конструктивные особенности, задавая определенную скорость v (м/ч),

расстояние между электродами l (м) и количество пластин N .

Высоту электрода h (м) находят исходя из его площади S и ширины b :

$$h = S / b \quad (4.5)$$

Напряжение (U , в) в электролизере определяется исходя из системы соединения электродов и напряжения на ячейке, желательно чтобы было 35–50 в, т.е. безопасное для обслуживающего персонала.

Для определения геометрических размеров о объема электролизера необходимо найти его ширину (B), толщину (L) и высоту (H), м:

$$B = b + 2a; \quad H = h + a_1; \quad L = N \delta + (N - 1) + 2a. \quad (4.6)$$

Объем воды в электролизере W_b равен разности между внутренним объемом электролизера $W_{вн}$ и объемов электродов $W_э$: $W_b = W_{вн} - W_э$ (4.7)

Время пребывания воды в электролизере τ , ч определяется исходя из объема воды в электролизере W_b и его производительности q , м³/ч

$$\tau = W_b / q \quad (4.8)$$

Потребляемая мощность E (вт) и расход электроэнергии W (вт·ч/м³) находят по формулам: $E = I/U$ (4.9) ; $W = IU/q$.

Задача. Рассчитать пластинчатый электролизер с алюминиевыми электродами при температуре воды 20 °С, рН = 7,2, солесодержании 2,5 мг-экв/дм³, мутности 40 мг/дм³, цветности 120 град., SiO₂ – 40 мг/дм³, O₂ – 5,9 мг/дм³, фитопланктон 5900 кл.

Тестовый контроль №1

1. Под действием каких сил происходит очистка воды в отстойниках?	1	Центробежных
	2	Гравитационных
	3	Тех и других
2. При увеличении размера частиц эффект очистки:	1	Снижается
	2	Возрастает
	3	Не изменяется
3. При увеличении производительности отстойника эффект очистки:	1	Снижается
	2	Возрастает
	3	Не изменяется
4. С увеличением глубины горизонтального отстойника эффект очистки:	1	Снижается
	2	Возрастает
	3	Не изменяется
5. Применение флокулянта эффект очистки:	1	Снижает
	2	Увеличивает
	3	Не изменяет

6. Производительность станции хозяйственно-питьевого назначения 50 тыс. м³/сут. Какой тип отстойников следует принимать?	1 2 3	Вертикальные Горизонтальные Радиальные		
7. Производительность станции хозпитьевого назначения 4,5 тыс. м³/сут. Какой тип отстойников следует принимать?	1 2 3	Вертикальные Горизонтальные Радиальные		
8. Как влияет рассредоточенный сбор воды в отстойнике на эффект очистки?	1 2 3	Повышает Снижает Не влияет		
9. При какой форме дна отстойника лучше удаляется осадок?	1 2	Плоская Призматическая		
10. Какая конструкция обеспечивает более надежный отвод осадка?	1 2 3	Сборные перфорированные трубы Донные клапаны Напорный гидросмыв		
11. При какой мутности воды целесообразны осветлители со взвешенным осадком (ОВО)?	1 2 3	До 30 мг/дм³ 50 – 1000 мг/дм³ 500 – 3000 мг/дм³		
12. С увеличением производительности эффект очистки в ОВО:	1 2 3	Снижается Возрастает Не изменяется		
13. В какой период года эффективность очистки в ОВО больше?	1 2 3	Зимой Летом Одинаков		
14. Подача исходной воды в ОВО осуществляется:	1 2 3	Сверху Снизу Сбоку		
15. В какой из зон ОВО происходит наибольшее удаление взвеси?	1 2	Распределения Взвешенного осадка	3 4	Отделения осадка Осветления
16. Какие колебания расхода воды допускаются при эксплуатации ОВО	1 2	До 5 % До 15 %	3 4	До 25 % До 30 %
17. При увеличении мутности исходной воды задвижку на трубопроводе сбора воды из осадкоуплотнителя ОВО необходимо:	1 2 3	Прикрыть Приоткрыть Не изменять степень открытия		
18. При увеличении мутности исходной воды частота сброса осадка	1 2 3	Увеличится Уменьшится Не изменится		
19. При сбросе осадка из ОВО задвижку подачи исходной воды:	1 2 3	Закрывают Открывают Не изменяют положение		

Контрольные вопросы

1. Классификация физических методов очистки воды.
2. Наложение на осветляемую воду электрического и магнитного полей.
3. Воздействие на осветляемую воду ультразвуком, ионизирующее облучение.
4. Электрохимическое коагулирование, использование его в технологии очистки воды.
5. Электролизер для анодного растворения алюминия и железа.
6. Электрокоагулятор реагента.
7. Аппараты с постоянными магнитами.
8. Конструктивные особенности аппаратов с электромагнитами конструкции ХНУГХ им. А. Н. Бекетова.
9. Конструктивные особенности активаторов реагентов.

ТЕМА 5 Улучшение гидравлических и конструктивных условий процесса коагуляции. Характеристика гидравлических методов ресурсосберегающих технологий. Дренажно-распределительная система скорых фильтров. Конструктивные особенности. Технологические особенности, применяемые для повышения эффективности конструктивных условий процесса очистки природных и сточных вод

Тестовый контроль №2

1. В каком из сооружений фильтрование, в основном, пленочное?	1	Скорые фильтры	
	2	Медленные фильтры	
	3	Контактные осветлители	
2. В каком из сооружений фильтрование, в основном, объемное?	1	Скорые фильтры	
	2	Медленные фильтры	
	3	Контактные осветлители	
3. По истечению времени защитного действия загрузки происходит:	1	Ухудшение качества фильтрата	
	2	Улучшение качества фильтрата	
	3	Потери напора недопустимо велики	
4. При увеличении эквивалентного диаметра зерен загрузки происходит: T_3 —время защитного действ. загрузки T_H —время достиж. предел. допуст. напор	1	Увеличение T_3	3 Увеличение T_H
	2	Снижение T_3	4 Снижение T_H
5. При увеличении высоты слоя загрузки происходит:	1	Увеличение T_3	3 Увеличение T_H
	2	Снижение T_3	4 Снижение T_H
6. При увеличении мутности исход-	1	Увеличение T_3	3 Увеличение T_H

ной воды происходит:	2	Снижение T_3	4	Снижение T_n
7. При увеличении скорости фильтрования происходит:	1	Увеличение T_3	3	Увеличение T_n
	2	Снижение T_3	4	Снижение T_n
8. При вводе флокулянтов перед фильтрами происходит:	1	Увеличение T_3	3	Увеличение T_n
	2	Снижение T_3	4	Снижение T_n
9. Загрузка какой крупности (мм) применяется для скорых фильтров хозяйственного водоснабжения при осветлении воды?	1	0,1 – 0,5	3	1,0 – 3,0
	2	0,5 – 2,0	4	2,0 – 5,0
10. Какой из видов загрузки фильтров считается более эффективным?	1	Кварцевый песок		
	2	Антрацит		
	3	Керамзит		
11. С увеличением загрузки фильтров высота слоя должна быть:	1	Увеличена		
	2	Уменьшена		
	3	Оставлена прежней		
12. В какой размерности обычно выражают скорость фильтрования?	1	см/с	3	м/с
	2	см/ч	4	м/ч
13. В какой размерности обычно выражают интенсивность промывки?	1	см/с	3	м/с
	2	см/ч	4	м/ч
14. Какой из типов дренажей наименее надежен?	1	Трубчатый гравийный	3	Щелевой
	2	Колпачковый	4	Полимер-бетонный
15. Какой из типов дренажей самый дешевый?	1	Трубчатый гравийный	3	Щелевой
	2	Колпачковый	4	Полимер-бетонный
16. Какой из типов дренажей самый дорогой?	1	Трубчатый гравийный	3	Щелевой
	2	Колпачковый	4	Полимер-бетонный
17. Интенсивность водяной промывки фильтров с кварцевой загрузкой ($л/с \cdot м^2$) находится в пределах:	1	8 – 12		
	2	12 – 18		
	3	18 – 22		
18. Площадь фильтра с кварцевой загрузкой 100 м^2 . Каков должен быть расход промывной воды?	1	500 – 600	3	1200 – 1700
	2	800 – 1100	4	1900 – 2100
19. В каком из способов промывки требуется наибольший объем промывной воды?	1	Водная	3	Поверхностная
	2	Водовоздушная	4	Чередующаяся
20. В каком из способов промывки требуется наименьший объем промывной воды?	1	Водная	3	Поверхностная
	2	Водовоздушная	4	Чередующаяся
21. Какие из способов промывки наиболее сложны при эксплуатации?	1	Водная	3	Поверхностная
	2	Водовоздушная	4	Чередующаяся
22. Какие из способов промывки требуют наиболее сложную конструкцию фильтра?	1	Водная	3	Поверхностная
	2	Водовоздушная	4	Чередующаяся
23. Какие из способов промывки	1	Водная	3	Поверхностная

обеспечивают перемешивание загрузки?	2	Водовоздушная	4	Чередующаяся
24.Какие системы отвода промывной воды применяют чаще при водяной промывке?	1	Желоба		
	2	Горизонтального отвода		
	3	Пористая стенка		
25.Какие системы отвода промывной воды применяют при водовоздушной промывки?	1	Желоба		
	2	Горизонтального отвода		
	3	Пористая стенка		
26. Фильтр имеет кварцевую загрузку высотой 1 м, промывается водой. На каком расстоянии (м) от верха загрузки должна находиться кромка желобов?	1	0,5 – 0,7	3	1,0 – 1,3
	2	0,7 – 1,0	4	1,3 – 1,5
27. Скорые фильтры промываются водой:	1	Из источника водоснабжения		
	2	Из отстойников		
	3	Очищенной на фильтрах		
28. Промывка фильтров осуществляется:	1	Из бака		
	2	Насосами		
	3	Одновременно из бака и насосов		
29. Наличие промывного бака позволяет:	1	Уменьшить производительность насоса		
	2	Уменьшить расход воды, подаваемой в фильтр		
	3	Снизить мощность двигателя насоса		
30. Фильтры промываются поочередно, объемом воды на 1 промывку – 199 м ³ . Какой должен быть объем промывного бака?	1	100	3	300
	2	200	4	400
31. В каких фильтрах быстрее нарастают потери напора?	1	С постоянной производительностью		
	2	С переменной производительностью		
	3	Примерно одинаково		
32. Для обеспечения постоянной скорости фильтрования необходимы:	1	Регуляторы расхода		
	2	Фильтры увеличенной высоты		
	3	Фильтры меньшей высоты		
33. Производительность станции 48 тыс. м ³ /сут, расчетная скорость фильтрования – 7 м/ч. Какова должна быть площадь фильтров, м ² ?	1	260	3	400
	2	350	4	450

Контрольные вопросы

1. Дренажно-распределительная система НПФ «Экополимер» и «Экотон».
2. Дренажно-распределительная система напорного фильтра фирмы «Экотон».
3. Пористые дренажи водоочистных фильтров.
4. Автономные системы питьевого водоснабжения.
5. Использование биопоглопителей при очистке природных вод.
6. Использование прикрепленной микрофлоры для очистки сточных вод.
7. Аэрирование как средство интенсификации процесса коагуляции природных вод.
8. Трубчатые аэраторы.
9. Вертикальный отстойник с контактной камерой хлопьеобразования.
10. Горизонтальный отстойник с контактной камерой хлопьеобразования.
11. Осветлитель с контактной камерой хлопьеобразования.
12. Горизонтальный отстойник, оборудованный тонкослойными блоками.
13. Осветлитель, оборудованный тонкослойными блоками.
14. Биоплато для очистки природных вод, эффективность работы «Биоплато».
15. Схема комплекса очистки природных вод «Биоплато», эффективность работы его.

ТЕМА 6 Потери воды в системах водоснабжения, определение их. Классификация потерь воды из городских водопроводных сетей, характеристика их. Мероприятия по борьбе с потерями и несанкционированным отбором воды из городской водопроводной сети. Гидравлические испытания водопроводной сети. Определение технологических потерь из водопроводной сети

Лабораторная работа №2 «Потери воды в системах водоснабжения, определение их»

Цель работы: ознакомление с принципом нахождения утечек воды и определение их размеров.

Утечки воды в системе водоснабжения можно разделить на два вида: скрытые (невидимые) и явные.

Скрытые утечки, незаметные при поверхностном осмотре водопроводных сооружений, происходят из сетей, уложенных в земле. В тех случаях, когда вода, выходящая из дефектных мест трубопровода, может поглощаться грунтом или уходить в канализацию, скрытые утечки могут длительное время оставаться необнаруженными и являться источником больших потерь воды. Выявление скрытых утечек на водопроводных линиях требует проведения специальных работ.

Явными утечками называются такие, при которых вода, вытекающая из водопроводных сооружений, может быть обнаружена без каких-либо специальных исследований (утечки из водоразборных колонок, из дефектных мест трубопровода при авариях и повреждениях, из арматуры санитарных приборов и т.д.). Явные утечки устраняются гораздо легче скрытых. Они менее опасны с точки зрения возможного повреждения зданий и подземных коммуникаций.

Отыскание поврежденных участков производится одним из следующих способов.

Манометрическая съемка давлений

Для выявления скрытых утечек из городской водопроводной сети применяется в первую очередь манометрическая съемка давлений.

Для проведения манометрической съемки на сети должны быть выбраны определенные характерные точки на расстоянии не более 1 км одна от другой.

Замеры давлений производятся образцовым манометром класса точности 0,4 с помощью стендера, устанавливаемого на пожарных гидрантах, или через специальные штуцера, врезанные в трубопровод.

При отсутствии пожарного гидранта для снятия напора могут быть использованы водосчетные узлы на вводах в домах, где для временной установки манометра используется штуцер контрольного крана водосчетного узла.

Давления желательно измерять одновременно в нескольких точках городской сети. При невозможности одновременной съемки давлений измерения ведутся последовательно в течение 2–3 ч при обязательном условии сохранения постоянного режима работы насосных станций и сети.

Результаты съемки давлений заносятся в специальный журнал с указанием даты и времени измерения, диаметра водопроводной линии, этажности зданий и режима работы насосной станции.

Выявление утечки с помощью контрольного водомера

Использование контрольного водомера дает возможность одновременно выявить утечку на определенном участке сети и установить ее величину. Для этого испытуемый участок временно отключают от сети водопровода закрытием с обеих сторон задвижек и его питание производят с одной стороны через контрольный водомер. Задвижки должны обеспечивать надлежащую герметичность и не пропускать воды.

При отсутствии утечки счетчик не фиксирует никаких показаний. При наличии утечки стрелки водосчетчика вращаются и указывают величину утечки. Контрольный водосчетчик устанавливается обычно на обводной линии задвижки.

Выявление утечки с помощью гидравлического пресса

Сущность применения гидравлического пресса заключается в том, что в трубах участка, испытываемого на утечку, создается повышенное давление, величина которого фиксируется по манометру.

Падение давления, наблюдаемое по манометру за определенный отрезок времени, характеризует наличие утечки. Если давление не снижается, трубопровод исправен.

Выявление утечки с помощью пожарного гидранта и манометра

Сущность этого способа заключается в следующем:

1. На испытуемом участке водопровода все домовые вводы, присоединенные к нему, отключаются задвижками или вентилями. Задвижки должны обеспечивать надежную герметичность при отключении.
2. На пожарном гидранте, расположенном на испытуемом участке, устанавливается стендер с контрольным манометром.
3. Участок отключается от водопроводной сети задвижками, причем последней закрывается задвижка со стороны питания данного участка.
4. Перед закрытием и после закрытия последней задвижки фиксируются показания манометра. При отсутствии утечки показания не изменяются. При наличии утечки показания стрелки манометра резко снижаются. Указанный способ выявления участков со скрытыми утечками является весьма простым и эффективным, однако он дает только возможность установить наличие утечки, но не измерить ее величину.

Выявление наличия утечки и величины ее по падению уровня воды в баке башни или напорного резервуара

Определение наличия и величины утечки в трубопроводе по падению уровня воды в баке водонапорной башни или напорного резервуара может производиться с достаточной точностью. Работа ведется в следующем порядке:

1. Перед испытанием трубопровода на утечку необходимо тщательно проверить плотность закрытия задвижек на всех прилегающих линиях.
2. На время испытания подача воды в бак прекращается. При испытании напорного водовода последний отключается от насоса в здании насосной станции. При испытании участка разводящей линии отключаются все ответвления и домовые вводы.
3. Фиксируется время и положение уровня воды в баке, затем в течение 1,5–2 ч ведется наблюдение за уровнем воды в нем. Если испытываемый участок сети исправен, то уровень воды в баке остается в том же положении или снизится незначительно. Снижение уровня показывает наличие утечки.

Выявление утечки и определение ее величины с помощью прибора инженера Панкевича

Материальное обеспечение: 1) прибор для нахождения утечек; 2) баллон; 3) тройники (2 шт); 4) манометр; 5) гибкий шланг; 6) кран; 7) накидная гайка подключения; 8) секундомер.

Лабораторный прибор изображен на рисунке 2.1.

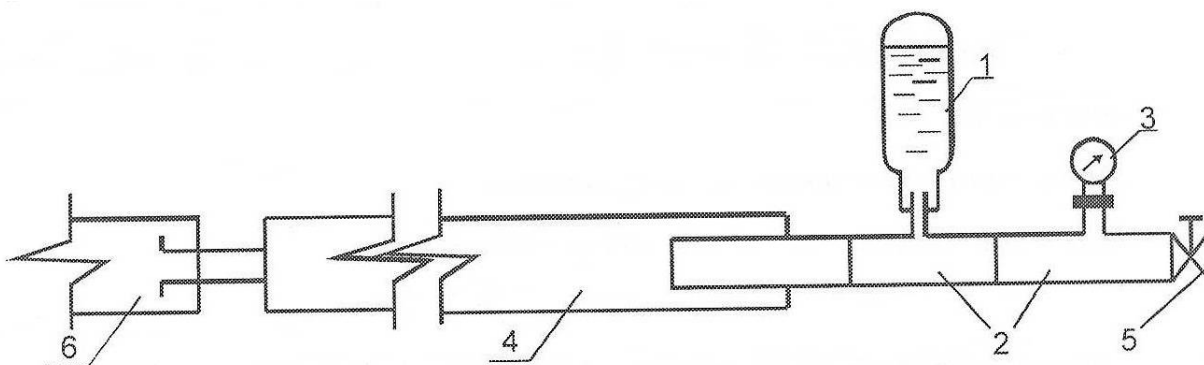


Рисунок 2.1 – Схема прибора инженера Панкевича:

- 1 – баллон; 2 – тройники; 3 – манометр; 4 – гибкий шланг; 5 – кран;
6 – накидная гайка подключения.

Принцип действия прибора основан на чередовании падения давления в баллоне при наличии утечки на участке сети (задвижки, отключающие испытываемый участок, обязательно должны быть исправными).

Последовательность работы прибора:

1. Проверяют плотность перекрытия задвижками испытываемого участка сети, а в процессе работы на домовом вводе одновременно снимают водосчетчик.
2. Прибор подключают к испытываемому участку, при этом на вводах используют штуцеры для присоединения водосчетчиков, а на уличной сети - имеющуюся арматуру.
3. Участок сети с прибором ставят под давление, фиксируя последний манометр, путем открывания одной из задвижек и выпуска воздуха из шланга через краник.
4. Задвижки закрывают. Манометром измеряют падение давления, а секундомером – время, в течение которого давление падает на 0,5 ... 1 атм.
5. Утечку воды определяют по уравнению:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = \text{const} \quad (2.2.1)$$

где P_1 – атмосферное давление, $P_1 = 1$ атм;

P_2 – манометрическое (избыточное) давление, что соответствует давлению в сети и измеряется манометром, атм;

P_3 – избыточное давление, что соответствует снижению давления в сети, атм;

V_1, V_2, V_3 – объем воздуха в баллоне при давлении соответствующему атмосферному, граничному и пониженному, м^3 .

Необходимо помнить, что уравнение Бойля-Мариотта, которое используем в расчетах, выражает давление в абсолютных атмосферах (ата), равному атм +1. Поэтому показания давления, измеряемого манометром, следует увеличивать на единицу.

Для трубопроводов диаметром до 200–300 мм следует брать баллон емкостью 12 л. Для обнаружения утечки используем баллон от пенного огнетушителя вместимостью 12 л.

Измеряем начальное давление в баллоне, который соответствует давлению в сети P_2 . За 10 с давление снижается до P_3 . Выполняем вычисления:

1. Объем воздуха в баллоне при начальном давлении:

$$V_1 = \frac{P_1 V_1}{P_2 + 1}, \text{ м}^3 \quad (2.2.2)$$

2. Объем воздуха в случае снижения давления до P_3 при использовании значений V_2 и P_2

$$V_3 = \frac{P_2 V_2}{P_3 + 1}, \text{ м}^3 \quad (2.2.3)$$

3. Размер утечки воды, равный разнице объемов воды в баллоне, разделенной на время, зафиксирован секундомером:

$$q = \frac{V_2 - V_1}{10}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.2.4)$$

В зависимости от диаметра испытанной сети емкость баллона может равняться 6...100 л.

Длина гибкого шланга должна быть равной 3...4 м.

Указанным способом можно выявить не только наличие утечки воды из трубопровода, но и определить ее размер в условиях, приближенных к рабочему состоянию трубопровода.

Чтобы точнее определить размер утечки, падение давления и время, в течение которого происходит испытание, следует измерять на участке как можно меньших размеров, то есть не допускать падения давления по сравнению с начальным падением.

Этот способ применяется при плановых обнаружениях поврежденных участков сети и утечек.

ПРИМЕР РАСЧЕТА РАЗМЕРА УТЕЧКИ

Для выявления утечки используем баллон 12 л. Допустим, что начальное давление в баллоне по манометры, соответствующее давлению в сети P_2 , было 3 атм. За 10 с давление снизилось до $P_2=1$ атм. Находим:

1. Объем воздуха в баллоне при начальном давлении

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2 + 1} = \frac{1 \cdot 12}{3 + 1} = 3, \text{ л}$$

Следовательно, начальный объем воды в баллоне $12 - 3 = 9$ л.

2. Объем воздуха в случае снижения давления до P_3 при использовании значений V_2 и P_2

$$V_3 = \frac{P_2 V_2}{P_3 + 1} = \frac{(3 + 1) \cdot 3}{1 + 1} = 6, \text{ л}$$

Следовательно, оставшийся объем воды в баллоне $12 - 6 = 6$ л.

3. Размер утечки воды, равный разнице объемов воды в баллоне, разделенной на время, зафиксирован секундомером:

$$q = \frac{V_2 - V_1}{10} = \frac{9 - 6}{10} = 0,3 \text{ л/с} = 1,08 \text{ м}^3/\text{ч} = 23 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Отыскание места скрытой утечки

После того как выявлены участки сети, на которых имеется утечка воды, приступают к отысканию места утечки, т.е. места повреждения труб.

Приблизленно место повреждения можно определить по провалам, образующимся на поверхности улицы, по затоплению подвалов зданий, по увеличению расхода воды в канализационных коллекторах. Однако следует помнить, что при наличии усовершенствованных дорожных покрытий выход воды к поверхности затруднен и может осуществляться часто на значительном расстоянии от места повреждения.

Места повреждения труб могут быть определены одним из следующих способов:

1. Прослушиванием "на шум".
2. С помощью сжатого воздуха.
3. С помощью пневматических баллонов (по предложению инж. Попова).

Примечание. В зарубежной литературе приводятся способы отыскания утечек с помощью радиоактивных изотопов, сжатого воздуха или газа и др. Однако эти методы еще не отработаны и малодоступны. Известные отечественные акустические приборы для отыскания мест утечек - геофоны, аквафоны, микрофоны и пьезомикрофоны - большого распространения не получили, так как они воспринимают все виды шумов и потому для работы в городских условиях неприемлемы и промышленностью не изготавливаются.

Контрольные вопросы:

1. Виды утечек в системах водоснабжения.
2. Что такое манометрическая съемка давлений?
3. Выявление утечек с помощью контрольного водомера.
4. Особенности работы прибора для определения утечек инженера Панкевича В.Ф.
5. Методы определения мест скрытой утечки.
6. Борьба с утечками и потерями воды.
7. Безводомерный учет воды.
8. Меры борьбы с утечками на водопроводной сети.
9. Меры борьбы с хищениями воды.
10. Меры уменьшения неучтенных расходов воды.
11. Гидравлические испытания водопроводных сетей.

ТЕМА 7 Пути ресурсосбережения в системах водоотведения

Наиболее перспективными методами очистки городских и производственных сточных вод являются биологические – они наиболее экономичные, простые и надежные.

Основой комплекса биологической очистки являются биофильтры и аэротенки, однако на любой станции очистки имеются сооружения механической очистки сточных вод и обработки осадка. Очистные сооружения связаны в единую технологическую цепочку, а проблема интенсификации работы биологических очистных сооружений является комплексной.

Основными задачами интенсификации работы биологических очистных сооружений являются: повышения их пропускной способности и эффективности, снижение капитальных и эксплуатационных затрат, в том числе трудоемкости обслуживания и энергоемкости технологического процесса, рациональное использование земельных площадей. Для решения этих задач внедряются новые конструкции сооружений и технологические процессы, а также реконструируются и модифицируются имеющиеся сооружения для очистки сточных вод.

7.1 Интенсификация работы сооружений механической очистки

– Интенсификация первичных отстойников: улучшение гидродинамических режимов отстойников (1), оборудование отстойников тонкослойными модулями (2), предварительная коагуляция сточных вод в сочетании с биокоагуляцией, применение реагентов;

– Интенсификация вторичных отстойников (1 и 2);

– Применение гидроциклонов и центрифуг;

– Для удаления грубодисперсных и коллоидных примесей используют фильтры и осветлители со взвешенным осадком;

– Для выделения активного ила и уплотнения его избыточной части – флотаторы;

– Методы преаирации, биосорбции и реагентной интенсификации процессов очистки сточных вод на сооружениях механической очистки.

7.2 Интенсификация работы аэротенков

– Увеличение дозы активного ила в зоне аэрации;

- Совмещение в одном объеме аэротенка зоны аэрации и зоны отстаивания;
- Применение различных реагентов;
- Воздействие на биоценоз активного ила (мутагенез);
- Применение ультразвука и электрообработка активного ила;
- Поддержание оптимального состава микроорганизмов активного ила.

7.3 Интенсификация работы биофильтров

- Применения плоскостных загрузочных материалов;
- Использование дисковых биофильтров.

7.4 Интенсификация процессов обработки осадков

- Оптимизация процесса анаэробного сбраживания;
- Аэробная стабилизация активного ила;
- Химическая стабилизация осадка;
- Аэрация и насыщения кислородом осадка;
- Сгущение и обезвоживание осадка.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит интенсификация работы сооружений механической очистки?
2. Расскажите о способах интенсификации работы аэротенков.
3. В чем заключается интенсификация работы биофильтров?
4. Как улучшить процесс обработки осадков?

ТЕМА 8 Организация ресурсосберегающих методов использования воды на промышленных предприятиях. Санитарно-гигиенические требования к воде, используемой на производственные нужды. Обратные и бессточные системы водоснабжения. Реагентные и безреагентные методы интенсификации процессов очистки воды. Надежность работы промышленного водоснабжения

Ресурсосберегающая технология – такая организация производства, при которой отходы сведены к минимуму и перерабатываются в реальные вторичные материальные ресурсы. При ресурсосберегающей технологии

предполагается создание оптимальных технологических схем с замкнутым материальным и энергетическим потоками.

Ресурсосберегающие технологии позволяют:

- Снизить или предотвратить размер ущерба, наносимого окружающей среде выбросом отходов;
- Уменьшить площади земель, занятых отвалами, накопителями, свалками отходов;
- Уменьшить загрязнение окружающей среды от переработки первичного сырья, “компенсирующего” неиспользование вторичных материальных ресурсов, содержащихся в отходах, а также тепла, содержащегося во вторичных энергетических ресурсах (ВЭР).
- Снизить термическое загрязнение окружающей среды (в случае использования ВЭР).
- Сократить выбросы в окружающую среду при производстве продукции из вторичных ресурсов по сравнению с первичным сырьем за счет исключения из технологической цепочки ряда звеньев;
- Сократить количество топлива, сжигаемого на электростанциях, в котельных, в промышленных печах, и соответственно уменьшить объемы загрязнений, связанных как с продуктами сгорания сэкономленного эквивалентного количества топлива, так и с его добычей, подготовкой и транспортировкой.

При проектировании промпредприятия необходимо учитывать расходы воды на производственные нужды, хозяйственно-бытовые нужды рабочих и пожаротушение. Поэтому обычно на предприятии устраивают отдельные системы подачи воды с разной степенью очистки. Вопросы объединения противопожарного водопровода с хозяйственно-бытовым или производственным решаются на основе технико-экономических расчетов. На некоторых предприятиях приходится устраивать отдельные противопожарные водопроводы.

Для рационального использования воды на промпредприятиях используют различные схемы водоснабжения: прямоточную, систему повторного использования воды, оборотные и бессточные системы технического водоснабжения.

Эффективность использования воды промышленными предприятиями оценивается следующими показателями:

– техническое совершенство системы водоснабжения оценивается количеством использованной оборотной воды:

$$P_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{ист} + Q_c} \cdot 100 \% \quad (8.1)$$

где – $Q_{об}$, $Q_{ист}$, Q_c соответственно количество воды, используемой в обороте, забираемой из источника и поступающей в систему водообеспечения с сырьем;

– рациональность использования воды, забираемой из источника, определяется коэффициентом использования:

$$K_{ис} = \frac{Q_{ист} + Q_c - Q_{сбр}}{Q_{ист} + Q_c} \leq 1 \quad (8.2)$$

– потери воды рассчитываются по формуле:

$$P_{пот} = \frac{Q_{ист} + Q_c - Q_{сбр}}{Q_{ист} + Q_c + Q_{посл} + Q_{об}} \cdot 100\% \quad (8.3)$$

где $Q_{посл}$, – количество воды, используемой в производстве последовательно, $Q_{сбр}$ – вода, которая сбрасывается обратно в источник.

Контрольные вопросы:

1. Ресурсосберегающие технологии на промпредприятиях.
2. Организация ресурсосберегающих методов использования воды на промышленных предприятиях.
3. Какие предъявляют санитарно-гигиенические требования к воде, используемой на производственные нужды?
4. Расскажите про системы технического водоснабжения используемых на промпредприятие.
5. Какие реагентные и безреагентные методы интенсификации процессов очистки воды.
6. Чем обеспечивается надежность работы промышленного водоснабжения?

ТЕМА 9 Ретехнологизация сооружений очистки природных и сточных вод. Этапы работы по ретехнологизации очистных сооружений. Неудовлетворительная работа технологических схем очистки сточных вод. Основные элементы ретехнологизации, их влияние на процесс очистки сточных вод.

ТЕМА 10 Ретехнологизация очистки сточных вод при удалении фосфора и биогенных элементов. Анализ технологических схем дефосфотизации сточных вод. Использование активированных растворов реагентов при дефосфотизации сточных вод.

Большинство существующих объектов водоснабжения и водоотведения не соответствуют современным стандартам качества и поэтому не могут гарантировать бесперебойную и безопасную работу, а также со временем перестают соответствовать экологическим требованиям. Выходом из сложившейся ситуации является ретехнологизация сооружений очистки сточных вод, которая предполагает комплексное изменение технологических решений с учетом сохранения основных сооружений и оборудования для повышения качества очистки.

Обычно ретехнологизация становится необходимой при повышении требований к качеству очистки воды. Если при этом снижается производительность существующей станции, или повышаются энергозатраты, то одновременно проводится реконструкция сооружений и модернизация оборудования.

Целью ретехнологизации очистных сооружений является улучшение качества очистки по отдельным ингредиентам очищаемой жидкости; средством достижения этой цели являются перераспределение технологических потоков и изменение назначения или функционирования отдельных сооружений (первичных или вторичных отстойников, аэротенков и др.).

Целью реконструкции является повышение производительности очистной станции без качественного изменения показателей очистки, либо снижение энергозатрат при неизменной производительности; средством обычно является замена оборудования, конструктивные улучшения отдельных сооружений без изменения их функционального назначения, модернизация оборудования с заменой на новое, более эффективное.

1. В чем отличие ретехнологизации от реконструкции, какие преимущества?

2. Работа по ретехнологизации присходит в 4 этапа, чем характерен каждый этап, заполните таблицу:

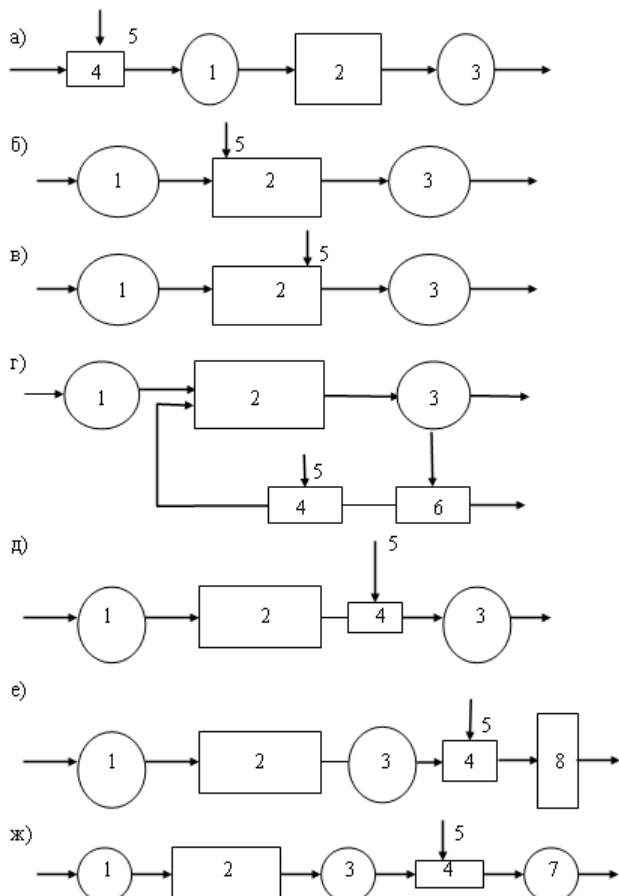
Этапы ретехнологизации	Содержание этапа, используемые инструменты и методы
Кабинетное обследование	
Полевое обследование	
Углубленное обследование	
Выявление предельных возможностей реконструкции и ретехнологизации действующих сооружений.	

3. Из каких элементов состоит ретехнологизация?

4. Приведите порядок составления материального баланса очистки сточных вод.

5. Назовите физико-химические методы удаления фосфора.

6. На рисунке приведены основные технологические схемы удаления биогенных элементов, укажите названия их, приведите краткую характеристику и очистные сооружения входящие в технологические схемы.



7. В чем заключаются комбинированные методы удаления азота и фосфора, их преимущества и недостатки?

8. Как влияют параметры активации раствора коагулянта на эффективность дефосфотизации сточных вод?

Контрольные вопросы:

1. Определение ретехнологизации, предпосылки ее.
2. Факторы, влияющие на реконструкцию очистных сооружений.
3. Характеристика показателей сточных вод, от которой зависит ретехнологизация.
4. Этапы работ по ретехнологизации очистных сооружений.
5. Основные элементы программы ретехнологизации.
6. Характеристика технологической схемы очистных сооружений сточных вод.
7. Причины неэффективной очистки сточных вод на сооружениях.
8. Составление балансовой схемы очистки сточных вод.
9. Номенклатура балансов, назначение их.
10. Основные недостатки существующих технологических схем очистки сточных вод.
11. Основные мероприятия, необходимые для ретехнологизации, анализ их.
12. Анализ основных узлов очистки сточных вод на ОС.
13. Классификация методов дефосфатизации сточной жидкости.
14. Физико-химические методы удаления фосфора из сточной жидкости.
15. Биологические методы удаления фосфора из сточной жидкости.
16. Комбинированные методы удаления фосфора из сточной жидкости.
17. Основные технологические схемы дефосфатизации сточной жидкости с использованием реагентов.
18. Принцип работы пилотной установки для удаления биогенных элементов.

ТЕМА 11 Техничко-экономическая оценка внедрения ресурсосберегающих технологий в водопроводно-канализационном хозяйстве

Пример 1. Рассчитать эффективность внедрения центрифуг

На очистных сооружениях канализации стоимость и 3808,1 тыс. грн обезвоживают 18,2 тыс. м³/сут смеси сырого осадка и избыточного ила фильтр-

прессами ФПАКМ – 50 с предварительной термической подготовкой на теплообменниках. Эксплуатационные расходы составляют 3642,1 тыс. грн.

Проектом реконструкции с капиталовложениями 5584,2 тыс. грн предлагается внедрение новой технологии раздельной обработки сырого осадка на центрифугах. Эксплуатационные расходы – 2810,6 тыс.

Определить целесообразность внедрения центрифуг.

Решение

Статическая система оценки эффективности инвестиций

1-й вариант. Эксплуатация фильтр-прессов

Себестоимость: $C = \Sigma B / Q_{oc},$ $C =$
 $3\,642,14 / 18,2 = 210,1$ тыс. грн.

Доходы: $D_x = T_{\phi} \cdot V_{oc}$
 $D_x = 226,9 \times 18,2 = 4129,58$ тыс. грн.

Прибыль: $P_p = D_x - \Sigma B,$
 $P_p = 4129,58 - 3642,14 = 487,6$ тыс. грн.

Обычный срок окупаемости:
 $T_{ок.} = 3808,1 / 487,6 = 7,8$ лет.

2-й вариант. Эксплуатация центрифуг

Себестоимость: $C = 2810,6 / 18,2 = 194,4$ тыс. грн.

Тариф: $T_{\phi} = 209,9$ тыс. грн.

Доходы: $D_x = 209,9 \times 18,2 = 3821,1$ тыс. грн.

Прибыль: $P_p = 3821,1 - 2810,6 = 1010,5$ тыс. грн.

Срок окупаемости: $T_{ок.} = 5584,3 / 1010,5 = 5,5$ лет.

Динамическая система оценки эффективности инноваций

Таблица 11.1 – Денежные потоки, тыс. грн

Показатели	базовый	проект
Чистый доход, Пр	487,6	1010,5
Амортизация, Ам (5%)	1267	1042
Денежный поток (ДП= Пр + Ам)	1755	2052

Принимаем ставку процента $E_k=15\%$, находим коэффициенты дисконтирования K_{dt} для термина эксплуатации 8 лет.

Таблица 11.2 – Дисконтированный денежный поток, тыс. грн

Год	Денежный поток (ДП)		Дисконтный множитель (К _{дт}) $E_k = 15 \%$	Дисконтированный денежный поток (ДДП)	
	базовый	проект		базовый	проект
1	1755	2052	0,8696	1526	1789
2	1842	2155	0,7561	1393	1635
3	1934	2262	0,6575	1271	1497
4	2031	2375	0,5718	1161	1378
5	2133	2494	0,4972	1060	1240
6	2239	2619	0,4323	968	1182
7	2351	2750	0,3759	884	1093
8	2469	2887	0,3269	807	987
Всего				9070	11801
Средний за год денежный поток (ДП _{ср.})				1133	1475

1. Чистый дисконтированный доход (ЧДД=ДДП—К), тыс. грн.

Действующий вариант $9070 - 3808 = 5262$

Проект $11801 - 5584 = 6217$.

2. Индекс доходности (ИД=ДДП/К)

Действующий вариант $9070/3808 = 2,3$

Проект $11801/5584 = 2,8$.

3. Период окупаемости инноваций (ПО=К/ДП_{ср.}), лет.

$ПО_1 = 3808/1133 = 4,8$ $ПО_2 = 5584/1475 = 3,5$.

4. Внутренняя норма доходности, %

$ВНД_1 = 48,27$ $ВНД_2 = 52,47$.

Вывод: Внедрение центрифуг вместо фильтр-прессов имеет большие: $ВНД - 52,47 \%$, $ЧДД - 6217$ тыс. грн, $ИД - 2,8$ и меньший период окупаемости – 3,5 лет. Внедрение центрифуг целесообразно по эффективности.

Пример 2. Рассчитать эффективность внедрения нового флокулянта

С целью интенсификации удаления загрязнений путем осаждения или фильтрации воды вводится флокулянт МАГНОФЛОК, что обеспечивает высокую эффективность процесса очистки. Таким образом, достигают

повышения пропускной способности очистных сооружений и качества очищенной воды.

Рассчитать экономическую эффективность внедрения нового флокулянта вместо полиакриламида.

Исходные данные:

Производительность фильтровальной станции водопроводу

$$\Pi_1 = 4\,562\,500 \text{ м}^3 \text{ в год.}$$

Рост производительности очистных сооружений 30 % , объем реализации воды потребителем возрастет до $\Pi_2 = 5\,931\,250 \text{ м}^3$.

Себестоимость 1 м^3 воды в базовом варианте $C_1 = 0,7$ грн.

Удельные расходы:

полиакриламида $B_1 = 0,5 \text{ мг/м}^3$;

магнофлока $B_2 = 0,025 \text{ мг/м}^3$.

Цена 1 тонны: полиакриламида $\Pi_1 = 9000$ грн.,

магнофлока $\Pi_2 = 27510$ грн.

Решение

1. Экономический эффект от применения новых предметов работы на этапе внедрения в производство выполняют по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (\Pi_1 + (C_1 - C_2) - \Pi_2) \Pi_2.$$

2. Эксплуатационные расходы C_2 на 1 м^3 воды по новому варианту

Если удельный расхода флокулянта магнофлок $0,025 \text{ мг/м}^3$, то на обработку $5\,931\,250 \text{ м}^3$ воды необходимо $0,15 \text{ т}$, то есть 150 кг .

При помощи 1 кг можно обработать за год $39\,542 \text{ м}^3$ воды.

При дозе $0,5 \text{ мг/м}^3$ ПАА на $4\,562\,500 \text{ м}^3$ воды необходимо 2282 кг .

При помощи 1 кг ПАА можно обработать за год 2000 м^3 воды.

Потребителям дополнительно будет отпущено

$$39542 - 2000 = 37542 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Дополнительный объем воды потребует расхода электроэнергии и реагентов, стоимость которых составляет $0,27 \text{ грн/м}^3$ воды.

Сумма дополнительных эксплуатационных расходов на подачу воды

$$C_{\text{дон}} = 37542 \text{ м}^3 * 0,27 \text{ грн} = 10136 \text{ грн.}$$

3. Расходы по базовому варианту на объем воды, обработанной 1 кг ПАА

$$C_{\text{баз}} \Pi_1 * 3_1 = 2000 * 0,7 = 1400 \text{ грн.}$$

4. Эксплуатационные расходы по новому варианту

$$C_{нов} = C_{баз} + C_{доп} = 1400 + 10136 = 11536 \text{ грн.}$$

5. Себестоимость 1 м^3 воды в новом варианте

$$C_2 = 11536 / 39542 = 0,3 \text{ грн.}$$

6. Цену нового флокулянта Π'_2 на 1 м^3 воды можно рассчитать как часть от распределения цены за 1 кг Н_Φ на объем обработанной с его помощью воды

$$\Pi'_2 = 27,51 / 39542 = 0,07 \text{ коп/1 м}^3.$$

7. Годовой экономический эффект от применения нового флокулянта

$$\mathcal{E}_r = (0,5 * 0,5 / 0,025 + (0,7 - 0,3) - 0,07) * 37542 = 3878 \text{ грн.}$$

Вывод. Замена флокулянта ПАА на магнофлок эффективна.

Пример 3. Технико-экономическое обоснование утилизации осадков сточных вод.

Обосновать выбор варианта анаэробной обработки осадка сточных вод на очистных сооружениях производительностью $900 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$

Вариант 1. Сжигание биогаза с целью получения тепла на технологические и эксплуатационные нужды.

Вариант 2. Сжигание биогаза в двигателях-генераторах с целью получения электроэнергии и тепла газов для обогрева метантенков.

Вариант 3. Сжигание биогаза с целью получения тепловой и электрической энергии для предприятия канализации.

Решение

Статичная система расчетов

Таблица 11.3 – Экономические показатели, тыс. грн

Расходы	Варианты		
	1-й	2-й	3-й
1. Капитальные вложения	2220	4923	3946
2. Эксплуатационные расходы	332	728	620
в т.ч. амортизация	217	499	399
3. Экономия от утилизации биогаза	1478	5729	4275

Обычный срок окупаемости капитальных вложений, лет

$$1\text{-й вариант } 2220:(1478 - 332) = 1,9;$$

2-й вариант $4923:(5729 - 728) = 0,9$;

3-й вариант $3946:(4275 - 620) = 1,0$.

Выводи. Второй вариант эффективнее по наибольшей сумме экономии – 5729,2 тыс. грн и меньшему сроку окупаемости – 0,9 года.

Динамическая система расчета эффективности

Денежный поток образуется за счет чистого дохода от реализации свободного биогаза и электроэнергии, а также суммы амортизации

		1-й	2-й	3-й
Доходы от реализации энергии		1478	5729	4275
Расходы эксплуатационные	–	332	728	620
Чистый доход	=	1146	5000	3655
Амортизационные отчисления	+	217	499	399
Денежный поток, ДП _i	=	1363	5499	4054

Темп прироста ДП=5 %. Е_к = 15%. Расчетный период – 5 лет.

Таблица 11.4 – Дисконтированный денежный поток, тыс. грн

Год	Денежный поток, (ГП)			Дисконтированный множитель (К _{дт}) Е _к = 15%	Дисконтированный денежный поток (ДГД)		
	1	2	3		1	2	3
1	1363	5499	4054	0,8696	1185	4781	3525
2	1431	5773	4256	0,7561	1081	4364	3217
3	1502	6062	4469	0,6575	987	3985	2938
4	1577	6684	4693	0,5718	901	3821	2683
5	1656	6684	4927	0,4972	823	3323	2449
Всего					4977	20274	14812
Среднегодовой денежный поток (ДП _{ср})					995	4054	2962

1. Чистый дисконтированный доход (ЧДД), тыс. грн.

$$4977 - 2220 = 2757;$$

$$20274 - 4923 = 15351;$$

$$14812 - 3946 = 10866.$$

2. Индекс доходности, ИД:

$$1. \quad 4977 / 2220 = 2,2;$$

$$2. \quad 20274 / 4923 = 4,1;$$

$$3. \quad 14812 / 3946 = 3,7.$$

3. Период окупаемости инвестиций, ПО (лет):

$$ПО_1 = 2220 / 995 = 2,2 ;$$

$$ПО_2 = 4923 / 4054 = 1,1;$$

$$ПО_3 = 3946 / 2962 = 1,3 .$$

4. Внутренняя норма доходности, %.

Таблица 11.5 – Расчет ВНД 1-го варианта

Год	ИБ-, ДП+	Ек=15%			Ек=60%			Ек=65%		
		Д _{кт}	ДДП	ЧДД	Д _{кт}	ДДП	ЧДД	Д _{кт}	ДДП	ЧДД
0	-2220	1	-	-2220	1	-	-2220	1	-	-2220
1	1363	0,87	1185	-1034	0,62	845	-1374	0,6	817	-1402
2	1431	0,75	1081	+478	0,39	558	-815	0,36	515	-889
3	1502	0,65	988	+1035	0,24	360	-454	0,22	330	-559
4	1577	0,57	902	+1937	0,15	236	-91	0,13	205	-353
5	1656	0,49	823	+2760	0,09	149	+58	0,08	132	-221

По дисконтной ставке Ек=65% ЧДД принимает негативное значение.

$$ВНД_1 = 61,4\%. \quad ВНД_2 = 106\%; \quad ВНД_3 = 98,9\%.$$

Таблица 11.6 – Показатели эффективности вариантов

Показатель	Символ	1	2	3
Денежный поток, тыс. грн	ДП	1363	5499	4054
Чистый дисконтированный доход, тыс. грн	ЧДД	2757	15351	10866
Индекс доходности	ИД	2,2	4,1	3,7
Период окупаемости, лет	ПО	2,2	1,2	1,3
Внутренняя норма доходности, %	ВНД	61,4	106,5	98,9

Вывод. Большую норму доходности 106,5%, ЧДД 15351 тыс. грн, индекс доходности 4,1 и меньший период окупаемости 1,2 года имеет 2-й вариант, что свидетельствует про его привлекательность.

Задачи

Задача 1. На фильтровальной станции водоснабжения производительностью 100 тыс. м³/сут вместо флокулянта ПАА внедряют новый флокулянт для очистки воды, который обеспечивает увеличение пропускной способности очистных сооружений на 28%.

Удельные расходы: ПАА 0,86; нового флокулянта 0,55 г/м³.

Цена 1 т: ПАА 13480, нового флокулянта 26000 грн.

Удельные расходы электроэнергии на 1 м³ воды 1,2 кВт.час.

Тариф за 1 кВт.час 1,2 грн.

Удельный вес иных расходов в себестоимости 1 м³ воды не изменяется.

Определить экономическую целесообразность внедрения нового флокулянта.

Задача 2. Выбрать вариант автоматизации работы фильтровальной станции водопровода производительностью 25 тыс. м³/сут. Рассчитать экономию.

По первому варианту автоматизации подлежат две операции: регулирование скорости фильтрации и промывка фильтров.

По второму варианту автоматизируется только промывка фильтров, что обеспечивает расчетную скорость фильтрации за счет увеличения ее начальной скорости.

Автоматизация регулирования скорости фильтрации обеспечивает рост производительности фильтра 450 м³/сут.

Автоматизация процесса промывки фильтров дополнительно обеспечивает экономию воды 300 м³/сут.

Капиталоемкость подъема воды 12,9 грн/м³.

Себестоимость 1 м³ воды 4,63 грн, тариф 8.70 грн.

Прямые расходы в себестоимости 1 м³ воды 2,40 грн.

Задача 3. Для выполнения работ по ремонту водопроводной сети внедряется метод контактной сварки труб вместо сварки вручную. Определить экономическую эффективность метода сварки.

Таблица 11.7 – Показатели контактной сварки

Показатели	Вручную	Контактно
Стоимость установки контактной сварки, грн		50 000
Эксплуатационные расходы, грн за год	15 000	8 700

Норма амортизации, %		15
Срок службы оборудования, лет		6
Ставка процента Ек, %		20
Темп роста объема ремонтных работ, %		5

Задача 4. Рассчитать показатели реальных инноваций: чистый дисконтированный доход, индекс доходности, период окупаемости, внутреннюю норму доходности проекта.

Таблица 11.8 – Исходные данные

Показатели	№	Единица измерения	Значение
1. Производительность сооружений	01	м ³ /сут	10 000
2. Удельные капитальные вложения на 1м ³ суточной производительности	02	тыс. грн/ 1 м ³ сут	245,7
3. Себестоимость 1 м ³ воды	03	грн.	0,69
4. Средний тариф	04	грн.	0,82
5. Норма амортизации	05	%	5
6. Темп роста доходов за год	06	%	3,0
7. Расчетный срок	07	год	6

Задача 5. Проанализировать показатели рационального использования воды промышленным предприятием, млн. м³/год.

1. Забор свежей воды из природного источника 90,0.
2. Поступление воды вместе с сырьем 22,0.
3. Последовательно используется в производстве 75,0.
4. Производительность оборотной системы использования воды 85,0.
5. Отведение промышленных сточных вод 25,0.

Задача 6. Пропускная способность канализации объекта 50,0 тыс. м³/час. Очистные сооружения работали неэффективно в течение года. На сбросе стоков в водоем, используемый для купания, спорта и отдыха населения, концентрация органических веществ по БПК₅ достигало 65 мг/дм³. Внедрением новой технологии очистки удалось уменьшить концентрацию органических веществ до нормативного уровня 40 мг/дм³. Рассчитать экологический эффект.

Ситуационные задания

Упражнение 1

Шахты канализационных коллекторов, расположенных в зоне жилой застройки, является постоянным источником загрязнения воздуха сероводородом, аммиаком, меркаптанами и другими вредными веществами.

Внедрение каких специальных сооружений для очистки газовых выбросов, по вашему мнению, является целесообразным на практике ?

Упражнение 2

Нарушение устойчивого водоснабжения приводит к:

- росту затрат на текущий ремонт;
- вынужденному отключению участков водопровода;
- росту нагрузок на другие участки сети;
- повышению избыточных напоров;
- увеличению динамики нагрузок и гидроударов;
- увеличению непроизводительных потерь и утечек воды;
- дополнительным затратам реагентов и электроэнергии;
- нестабильному водоснабжению потребителей.

Обоснуйте Ваши предложения по стабилизации работы системы распределения воды за счет внедрения передового опыта отечественных предприятий и организаций и достижений научно-технического прогресса.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 року N 400 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за N 452/17747 Із змінами і доповненнями, внесеними наказом Міністерства охорони здоров'я України від 15 серпня 2011 року N 505

Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с.

Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-75:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 134 с.

Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНиП 2.04.02-84. "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения") / НИИ КВОВ АКХ им. К.Д. Памфилова. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 128с.

Душкин С. С. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды : монография / С. С. Душкин, Г. И.Благодарная ; Харьк. нац. акад. городск. хоз-ва. – Харьков : ХНАГХ, 2009. – 95 с.

Душкин С. С. Физические методы водоподготовки : учебн. пособие / С. С. Душкин. – Киев : УМК ВО, 1989. – 151 с.

Эпоян С. М. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды: монография / С. М. Эпоян, Г. И. Благодарная, С. С. Душкин, В. А. Сташук; Харьк. нац. акад. городск. хоз-ва. – Харьков : ХНАГХ, 2013. – 190 с.

Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений / Ю. В. Воронов, В. П. Саламеев, А. Л. Ивчатов и др.; Под ред. С. В. Яковлева. – Москва : Стройиздат, 1990. – 224 с.

Бардаков В.А. Економіка водопостачання та водовідведення: Навч. посібник для студентів спеціальності „Водопостачання та водовідведення” вищих навчальних закладів. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 331с.

Ответы на тестовые задания

Ответы на тестовый контроль №1

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ ответа	2	2	1	1	2	2	1	1	2	3
№ вопроса	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
№ ответа	2	1	1	2	2	2	2	1	1	

Ответы на тестовый контроль №2

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ ответа	1	1,3	1	2,3	1,4	2,4	2,4	1,4	2	3
№ вопроса	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
№ ответа	1	4	3	1	1	2	2	3	3	2
№ вопроса	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
№ ответа	2,3	2,3	2,4	1	2,3	1	3	1,2,3	1,3	4
№ вопроса	31	32	33							
№ ответа	1	1,2	2							

Навчальне видання

Методичні вказівки та завдання
для практичних занять, лабораторних робіт та самостійної
роботи з дисципліни

**«РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА»**

*(для студентів денної та заочної форм навчання освітніх рівнів «спеціаліст»
та «магістр» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
спеціалізація (освітня програма)
«Раціональне використання та охорона водних ресурсів»)*

(Рос. мовою)

Укладачі: **ДУШКІН** Станіслав Сергійович
ГАЛКІНА Олена Павлівна

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір і верстання *С. С. Душкін*

План 2014, поз. 84 М

Підп. до друку 22.11.2016
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 3,0
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.